



**SARA
DA SILVA
MATOS**

**COMPORTAMENTO DE RETORNOS E
VOLATILIDADE EM EMPRESAS EUROPEIAS
LIGADAS AO SETOR DA ENERGIA**



**SARA
DA SILVA
MATOS**

**COMPORTAMENTO DE RETORNOS E
VOLATILIDADE EM EMPRESAS EUROPEIAS
LIGADAS AO SETOR DA ENERGIA**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Economia, realizada sob a orientação científica da Doutora Mara Teresa da Silva Madaleno, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu avô que sempre me apoiaram.

o júri

presidente

Prof. Doutora Maria Elisabeth Teixeira Pereira e Rocha

professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Júlio Fernando Seara Sequeira da Mota Lobão

professor auxiliar da Faculdade de Economia da Universidade do Porto (FEP)

Prof. Doutora Mara Teresa da Silva Madaleno

professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Em primeiro lugar um especial agradecimento à minha orientadora, Prof. Dra. Mara Madaleno, que demonstrou sempre enorme disponibilidade, atenção e empenho na melhoria contínua deste trabalho. Quero agradecer também ao meu namorado, pela força, ajuda e paciência. Em último lugar, mas sem dúvida o mais importante, tenho que agradecer aos meus pais a confiança e as oportunidades de educação que sempre me proporcionaram.

A todos o meu sincero obrigado.

palavras-chave

Empresas Europeias, Mercado de Ações Energético, *Minimal Spanning Tree*, Modelos GARCH, Retornos, Volatilidade.

resumo

A análise dos retornos e da volatilidade no mercado financeiro constitui um papel importante na construção e gestão de carteiras. Em particular, o mercado de ações de empresas ligadas ao setor de energia é caracterizado pelos seus elevados retornos mas também pela forte volatilidade. O presente trabalho propõe uma análise a este tipo de mercados, com o intuito de criar uma ferramenta útil para uma melhor compreensão da relação entre retornos e volatilidades. No contexto deste mercado, a análise da relação risco-retorno de empresas europeias é relevante uma vez que, tanto quanto foi possível apurar, a literatura sobre o mercado energético nesta temática é escassa.

Neste trabalho estudámos a série temporal das cotações de fecho de 18 empresas europeias ligadas ao setor da energia, por um período de dez anos, entre 2008 e 2018. Foram também utilizadas as cotações de fecho dos mercados a que cada empresa pertence, bem como os preços do petróleo e gás natural.

Para analisar a relação entre as ações das empresas em estudo foi utilizado o método do *Minimal Spanning Tree*. Recorrendo aos modelos GARCH, nomeadamente os modelos GARCH-M, EGARCH e TGARCH, foi realizada uma análise de questões como o impacto dos mercados e de mercadorias como o petróleo e gás natural nas ações das empresas e o comportamento da volatilidade. Primeiramente, através da análise da correlação dos retornos das empresas, os resultados revelam que as empresas Engie e OMV e as empresas ENI S.p.A e Total possivelmente promovem dinâmicas de cooperação, nomeadamente, *clustering*. Os resultados também revelam que as empresas Iberdrola, Total S.A. e OMV constituem um papel essencial na rede, como elemento de ligação e influência que pode coordenar a informação entre as ações das empresas.

Em segundo lugar, os resultados dos modelos tipo GARCH sugerem que o mercado influencia positivamente os retornos das ações de todas as empresas. Já a influência do petróleo é positiva nas empresas BP, ENI S.p.A, E.ON SE, Equinor, ASA, Galp, Repsol, RWE, Royal Dutch Shell, Total S.A., Tullow, Électricité de France e OMV, e negativa nas empresas Iberdrola e National Grid. Contudo a influência dos preços do gás sobre as empresas não foi muito relevante.

Por último, verifica-se o efeito alavancagem em duas empresas, Hera e Galp, revelando que choques negativos nos retornos destas empresas produzem menor volatilidade do que choques positivos. Estudar a volatilidade permite ao investidor perceber os riscos incorridos ao investir no mercado de ações de empresas do setor da energia e ajuda na capacidade de fornecer bons rendimentos, sendo assim relevante para os investidores no mercado e às empresas que tomam conhecimento dos riscos e rentabilidades envolvidos na transação.

keywords

European Companies, Energy Stock Market, Minimal Spanning Tree, GARCH models, Returns, Volatility.

abstract

The analysis of the return and volatility in the financial market plays an important role in the construction and management of the financial portfolios. In particular, the energy stock market is characterized by its high returns, but also by its strong volatility. The present paper proposes an analysis of this type of market, in order to create a useful tool for a better understanding of the relationship between returns and volatilities. In the context of this market, the analysis of the risk-return relationship in the European companies is relevant, once, as far as it was possible to be ascertained, the literature on the energy market is scarce.

In this paper we studied the time series of the closing price stock value of 18 European companies on the energy sector, over a period of ten years, between 2008 and 2018. We also used the closing prices of the markets that those companies belong to, as well as the prices of oil and natural gas.

In order to analyze the relationship between the companies' stocks in the study, the Minimal Spanning Tree Method was used. By using the GARCH models, such as the GARCH-M, EGARCH and TGARCH models, an analysis of issues such as the impact of stock market and the influence of goods as oil and natural gas on companies' stocks was made and we also did an analysis of the behavior of the volatility. Firstly, through the analysis of the correlations of companies' returns, the results show that companies like Engie and OMV, ENI S.p.A and Total possibly promote cooperation dynamics, namely clustering. The results also show that Iberdrola, Total S.A and OMV companies play an essential role in the network as an element of linkage and influence that can coordinate the information between the companies' stocks.

Secondly, the results of the GARCH-type models suggest that the market has a positive influence on the stock return of all firms. On the other hand, the influence of oil is positive in companies like BP, ENI SpA, E.ON SE, Equinor, ASA, Galp, Repsol, RWE, Royal Dutch Shell, Total SA, Tullow, Électricité de France and OMV, and negative in Iberdrola and National Grid companies. However, the influence of natural gas prices on these companies was not very relevant.

Finally, the leverage effect is verified in two companies, Hera and Galp, revealing that negative shocks in these companies' returns have a lower volatility than positive shocks. Studying volatility allows an investor to understand the risks incurred by investing in the stock market of energy companies and helps in the capacity to provide good returns and is therefore relevant to market investors and companies that are aware of the risks and returns involved in the transaction.

Índice

Índice Figuras	ii
Índice tabelas	iii
1. Introdução.....	1
2. Revisão da Literatura	3
2.1. Retornos e Volatilidade	3
2.2 Influência do petróleo e do gás natural	6
2.3 O mercado energético.....	8
3. Dados e Metodologia	11
3.1 Estatística Descritiva.....	12
3.2 Minimal Spanning Tree.....	15
3.3 Modelo GARCH	18
3.4 Modelo GARCH-M	19
3.5 Modelo EGARCH.....	20
3.6 Modelo TGARCH.....	21
4. Resultados Empíricos.....	25
4.1 Resultados do Minimal Spanning Tree	25
4.2 Resultados do modelo GARCH.....	28
4.3 Resultados do modelo GARCH-M	31
4.4 Resultados do modelo EGARCH.....	34
4.5 Resultados do modelo TGARCH.....	36
5. Conclusões.....	39
Referências	43
Anexos.....	49

Índice Figuras

Figura 1 – Procura de energia.....	8
Figura 2 - Efeito alavancagem - reação da volatilidade a boas e más notícias	23
Figura 3 - Minimal Spanning Tree (MST).....	26
Figura 4 - Árvore Hierárquica (HT).....	26
Figura A. 1 - Retornos da empresa BP entre 2008 e 2018	49
Figura A. 2 - Retornos da empresa Électricité de France entre 2008 e 2018.....	49
Figura A. 3 - Retornos da empresa Enagás S.A. entre 2008 e 2018.....	49
Figura A. 4 - Retornos da empresa Engie entre 2008 e 2018.....	50
Figura A. 5 - Retornos da empresa ENI S.p.A entre 2008 e 2018.....	50
Figura A. 6 - Retornos da empresa E.ON SE entre 2008 e 2018	50
Figura A. 7 - Retornos da empresa Equinor ASA entre 2008 e 2018.....	51
Figura A. 8 - Retornos da empresa Galp entre 2008 e 2018	51
Figura A. 9 - Retornos da empresa Hera entre 2008 e 2018	51
Figura A. 10 - Retornos da empresa Iberdrola entre 2008 e 2018.....	52
Figura A. 11 - Retornos da empresa National Grid entre 2008 e 2018	52
Figura A. 12 - Retornos da empresa OMV entre 2008 e 2018.....	52
Figura A. 13 - Retornos da empresa Repsol S.A. entre 2008 e 2018	53
Figura A. 14 - Retornos da empresa Rubis SCA entre 2008 e 2018	53
Figura A. 15 - Retornos da empresa RWE AG entre 2008 e 2018.....	53
Figura A. 16 - Retornos da empresa Royal Dutch Shell entre 2008 e 2018	54
Figura A. 17 - Retornos da empresa Total S.A. entre 2008 e 2018.....	54
Figura A. 18 - Retornos da empresa Tullow Oil plc entre 2008 e 2018	54
Figura A. 19 - Retornos do Índice de mercado AEX entre 2008 e 2018.....	55
Figura A. 20 - Retornos do Índice de mercado ATX entre 2008 e 2018.....	55
Figura A. 21 - Retornos do Índice de mercado CAC 40 entre 2008 e 2018	55
Figura A. 22 - Retornos do Índice de mercado DAX-30 entre 2008 e 2018	56
Figura A. 23 - Retornos do Índice de mercado FTSE 100 entre 2008 e 2018	56
Figura A. 24 - Retornos do Índice de mercado IBEX 35 entre 2008 e 2018	56
Figura A. 25 - Retornos do Índice de mercado MIB 30 entre 2008 e 2018.....	57
Figura A. 26 - Retornos do Índice de mercado OBX entre 2008 e 2018.....	57
Figura A. 27 - Retornos entre o Índice de mercado PSI-20 entre 2008 e 2018.....	57
Figura A. 28 - Retornos dos preços do petróleo (Brent) entre 2008 e 2018	58
Figura A. 29 - Retornos dos preços do gás natural entre 2008 e 2018	58

Índice tabelas

Tabela 1 - Análise descritiva dos dados	13
Tabela 2 - Medidas de Centralidade	28
Tabela 3 - Resultados da aplicação do modelo GARCH (1,1).....	30
Tabela 4 - Resultados da aplicação do modelo GARCH-M	33
Tabela 5 - Resultados da aplicação do modelo EGARCH.....	35
Tabela 6 - Resultados da aplicação do modelo TGARCH.....	37
Tabela A. 1 - Matriz de Correlação entre os retornos de todas as variáveis em estudo .	59
Tabela A. 2 - Matriz de Correlação dos retornos das ações das 18 empresas	60
Tabela A. 3 - Matriz D	61

1. Introdução

Com a crescente globalização financeira, existem muitas opções de investimento disponíveis para os investidores, sendo importante saber constituir e gerir as carteiras da melhor forma. A crescente importância da gestão de carteiras de ativos levou a um aumento do interesse sobre a avaliação do seu desempenho. Para antecipar estratégias de retorno, como prever ganhos e proteger-se contra possíveis perdas, é necessário que se faça uma correta previsão do comportamento dos ativos financeiros.

O mercado financeiro é conhecido pela sua incerteza. Os preços das ações, dos títulos e de outros tipos de derivados financeiros negociáveis, bem como as taxas de juro e as taxas de câmbio, estão propensos a inúmeras oscilações. Como resultado, os seus retornos são voláteis e difíceis de prever ao longo de diferentes períodos. A variância dos preços de um ativo (volatilidade) consiste, atualmente, numa das informações mais importantes para os investidores (Marra, 2015).

Em termos de evidência empírica relacionada com o comportamento dos retornos e volatilidade do mercado de ações, são de realçar os estudos existentes para o mercado Grego (Apergis e Eleftheriou, 2001), para o mercado de ações asiático (Chiang e Doong, 2001 e Li et al. 2001) e para o mercado internacional (Li et al, 2005; Dimitriou e Simos, 2011).

Em particular, o mercado de ações do setor energético é bastante atrativo para os investidores, na medida em que estes podem oferecer retornos bastante lucrativos sobre o investimento, como também podem gerar perdas significativas. O setor da energia é um setor determinante na estabilidade e no crescimento económico. Este é constituído pelas indústrias da energia elétrica, do gás, do petróleo, do carvão e das energias renováveis que envolvem a produção e venda de energia, incluindo manufatura, refinaria, extração e distribuição (Energy Premier, 2018). O mercado de ações do setor energético oferece assim uma ampla variedade de oportunidades de investimento.

O petróleo, o gás natural e o carvão são as maiores fontes de energia no mundo. Segundo a Agência Internacional de Energia, a procura por todos os combustíveis aumentou, sendo liderada pelo gás natural. O consumo de energia a nível mundial aumentou 2.3 por cento em 2018, praticamente o dobro da taxa média de crescimento desde 2010. O maior aumento foi o do gás natural, atingindo 45 por cento do aumento da procura total de energia. O crescimento das energias renováveis não foi suficiente para responder ao aumento da procura por eletricidade no mundo (International Energy Agency, 2018).

Os preços do petróleo são bastante sensíveis à oferta e à procura, o que faz com que os preços das ações de petróleo sejam voláteis (Sadorsky, 2003). Neste aspeto reside a importância em estudar este mercado. De realçar os estudos sobre a influência dos preços do petróleo e do gás natural sobre os movimentos de preços das ações no Canadá (Boyer e Fillion, 2007), na China (Cong et al., 2008), na Austrália (McSweeney e Worthington, 2008), na União Europeia (Acaravci et al., 2012) e nos Estados Unidos da América (Narayan e Sharma, 2011; Gatfaoui, 2016).

Podemos concluir que a energia é um recurso estratégico e um elemento chave para o desenvolvimento da Europa, reconhecendo-se que a sua existência em quantidade e qualidade, é essencial nas sociedades modernas. Neste contexto, pretendemos contribuir empiricamente para a escassa literatura através da análise da relação risco-retorno de empresas cotadas em bolsa do setor energético. De realçar que, tanto quanto foi possível apurar e atendendo à literatura relacionada, apenas os estudos de Alberola (2007) e Oberndorfer (2009) investigaram os retornos e volatilidades em empresas europeias ligadas ao setor energético.

O principal objetivo desta dissertação consiste em analisar o comportamento do retorno e volatilidade de ações de empresas europeias do setor energético, uma vez que, a relação risco-retorno é um aspeto essencial na tomada de decisão dos investidores. Prever o risco e os retornos dos investimentos tornou-se importante para os mercados financeiros. Assim, a volatilidade tem vindo a ser, ao longo dos anos, uma área bastante atrativa de investigação. Ao perceber melhor este comportamento, a construção de carteiras de investimento torna-se mais simples, sendo que esta converteu-se numa ferramenta indispensável para os investidores.

Desta forma, recorrendo às cotações diárias de 18 empresas europeias, o modelo do *Minimal Spanning Tree* foi utilizado para analisar a Árvore Hierárquica das ações, exibindo as ligações e interações mais relevantes entre as mesmas. Para analisar a volatilidade dos preços das ações das empresas em estudo foram aplicados modelos GARCH (*generalized autoregressive conditional heteroscedastic*).

Relativamente à estrutura desta dissertação, esta encontra-se organizada da seguinte forma. Na secção 2 é apresentado um enquadramento teórico em simultâneo com uma breve revisão de literatura em torno da volatilidade. Na secção 3 é evidenciada a metodologia utilizada. A secção 4 é dedicada ao estudo e apresentação dos resultados empíricos obtidos através da realização de testes à volatilidade. Por fim, na secção 5 são apresentadas as conclusões e sugestões de pesquisas futuras, algumas baseadas em limitações do presente estudo.

2. Revisão da Literatura

Com o intuito de explorar a temática dos retornos e da volatilidade, bem como o efeito dos mesmos nas ações, esta primeira secção tem como objetivo evidenciar a literatura existente sobre o tema, sobretudo a empírica.

2.1. Retornos e Volatilidade

O primeiro trabalho empírico sobre a relação entre o retorno das ações e a volatilidade surgiu em 1976, no qual foi utilizada uma amostra de 30 ações e foi realizada uma estimação, com base em dados mensais, da volatilidade do retorno das ações para um período compreendido entre 1962 e 1975. Neste trabalho, Black (1976), citado por Duña (2018), refere que os choques negativos nos retornos aumentam a alavancagem financeira, tornando o investimento nas ações mais arriscado e, portanto, existindo uma maior volatilidade.

De acordo com Bucci (2017), a volatilidade é um índice da variabilidade inesperada de retornos dos ativos num determinado período. Esta mede o risco de um ativo através da dispersão dos resultados em torno de um valor esperado, ou seja, é uma medida de dispersão futura dos preços dos ativos financeiros. Geralmente esta medida é calculada através do desvio-padrão anualizado da variação percentual das cotações, sejam elas mensais, semanais, diárias ou até mesmo de dados de elevada frequência, estando por norma representada sob a forma de percentagem.

Podemos distinguir três tipos de volatilidade. Nomeadamente, Histórica ou Estatística, Implícita e Futura ou Previsional. Na volatilidade histórica ou estatística são medidas as oscilações nos preços ocorridas no passado, e consiste em calcular o desvio-padrão do rendimento periódico dos ativos num período precedente àquele para o qual se pretende prever a volatilidade. Este tipo de volatilidade indica-nos o que aconteceu no passado, não sendo certo que o mesmo aconteça no futuro. No entanto, é relevante na previsão de valores futuros, uma vez que contribui para a formação de expectativas. A volatilidade implícita é a volatilidade que está integrada no preço dos ativos num determinado momento. Por outras palavras, este tipo de volatilidade traduz aquilo que o mercado pensa sobre um ativo. Latane e Rendleman (1976) publicaram o primeiro artigo sobre a estimação da volatilidade implícita onde defendiam que este tipo de volatilidade previa melhor a volatilidade futura relativamente à volatilidade histórica. Por outro lado, Day e Lewis (1992) testaram as volatilidades histórica e implícita, através da análise de opções do índice S&P 100 para um período compreendido entre 1983 e 1989. Verificaram que a volatilidade implícita não continha mais informação relativamente à volatilidade histórica. No cálculo desta volatilidade, pode ser utilizado o Modelo *Black & Scholes*¹ (Black e Scholes, 1973). Contudo este modelo não descreve com precisão a dinâmica dos

¹ Este modelo é um método de avaliar um derivado financeiro e permite determinar o preço a pagar pelo comprador na data do contrato.

preços dos ativos, uma vez que o modelo *Black & Scholes* considera que a volatilidade é constante. Por último, a volatilidade futura ou previsional considera a incerteza do futuro e por isso, é a mais complexa em termos de estimação. Na elaboração de estratégias de investimento e na análise do risco, é importante que haja uma boa previsão da volatilidade dos preços dos ativos no mercado. Por norma, na modelização e estimação deste tipo de volatilidade, são utilizadas variantes aos modelos ARCH (Poon e Granger, 2003). Estes modelos têm como principal objetivo demonstrarem os factos estilizados mais relevantes da volatilidade, tais como o impacto assimétrico das boas e das más notícias, a persistência e a influência de variáveis exógenas. Floros (2008) descreve os modelos GARCH como os melhores entre vários modelos para descrever e prever a volatilidade dos retornos futuros. Contudo, não existe um consenso sobre o melhor modelo a ser aplicado. Agnolucci (2009) mostrou que os modelos GARCH conseguem prever melhor a volatilidade do que a volatilidade implícita obtida através do modelo Black-Scholes.

A relação negativa entre os retornos e a volatilidade está bastante presente na literatura. A maior parte dos estudos abordam a relação negativa entre os retornos e a volatilidade futura, com alguns estudos a ilustrarem que as más notícias estão associadas a grandes aumentos da volatilidade relativamente às boas notícias (Bollerslev et al., 2009).

As duas principais teorias apresentadas na literatura como justificação da relação negativa entre os retornos e a volatilidade são a hipótese do *feedback* da volatilidade e a hipótese do efeito alavancagem. Como Black (1976) menciona, o efeito alavancagem apresenta um maior impacto das perdas na volatilidade futura do que dos lucros. Este efeito refere-se à relação entre o retorno das ações e às alterações na volatilidade. Assim, à medida que o preço das ações cai, a volatilidade aumenta e, à medida que o preço das ações sobe, a volatilidade diminui. Num estudo sobre os efeitos de boas e más notícias na volatilidade no mercado de ações na Índia, Goudarzi e Ramanarayanan (2011) utilizaram dois modelos de volatilidade, nomeadamente o modelo EGARCH (modelo *exponential generalized autoregressive conditional heteroscedastic*) e o modelo TGARCH (modelo *threshold generalized autoregressive conditional heteroscedastic*). Analisaram o período de crise (2008 a 2009) e concluíram que a série de retornos reage às boas e más notícias de forma assimétrica. Também verificaram a presença do efeito alavancagem, ou seja, concluíram que as más notícias apresentavam um impacto maior na volatilidade do que as boas notícias.

A hipótese do *feedback* da volatilidade pressupõe que choques positivos na volatilidade originam retornos negativos. Campbell e Hentschel (1992), artigo citado por Hibbert et al. (2008), demonstraram teoricamente que se os retornos futuros esperados das ações aumentam quando a volatilidade aumenta, então os preços correntes das ações, e consequentemente os retornos, irão cair de forma a ajustar esta alteração nas expectativas futuras. Por conseguinte, um aumento da volatilidade origina retornos negativos. Bekaert e Wu (2000) investigaram a hipótese do *feedback* no mercado de ações japonês e mostraram que o *feedback* da volatilidade fornece um melhor ajustamento para o efeito assimetria, contudo com uma fraca significância estatística. Avramov et al. (2006) testaram a hipótese da alavancagem através de um conjunto de dados diários, onde procederam a dois testes: testaram a presença de volatilidade simétrica em ações com

pouca ou nenhuma alavancagem e introduziram diretamente a alavancagem numa equação de forma a testar o seu impacto na volatilidade. Os resultados sugeriram que não existe efeito de alavancagem financeira na volatilidade assimétrica.

Apergis e Eleptheriou (2001) analisaram as características da volatilidade do mercado de ações Grego (ASE) para o período de 1990 a 1999. Compararam vários modelos de volatilidade condicional para explicar as características da distribuição condicional do excesso de retornos nas ações como o *clustering* da volatilidade². Um dos modelos utilizados por este autor foi o modelo EGARCH. Os resultados obtidos foram positivos e estatisticamente significativos, demonstrando a presença de assimetria e de *clustering* na volatilidade, o que resulta numa ineficiência do mercado ASE. De acordo com o autor, alguns potenciais determinantes dessa ineficiência estavam relacionados com a falta de organização técnica, assim como o baixo volume de *trading* diário. Também Chiang e Doong (2001) investigaram o comportamento dos retornos de ações de sete mercados do continente asiático entre janeiro de 1988 e junho de 1998. Primeiramente, após utilizarem um teste direto no qual incluíam o termo da variância condicional na equação do retorno para cada país na Ásia, verificaram que os resultados não evidenciam a existência de uma relação entre o retorno e a volatilidade e que a estimação da volatilidade condicional não era capaz de prever os retornos futuros. Decidiram então utilizar o modelo TGARCH para analisar a relação entre os retornos das ações e a volatilidade, onde concluíram que os parâmetros do modelo GARCH (*generalized autoregressive conditional heteroscedastic*) eram altamente significativos e que a soma dos coeficientes estimados da equação da variância era muito próxima da unidade, sugerindo que a volatilidade era persistente. Ao testarem a hipótese da não existência do efeito de assimetria, verificaram que esta foi rejeitada com um elevado nível de significância. Ainda em relação ao mercado asiático, Lee et al. (2001) procuraram analisar não só a relação entre retornos de ações e a volatilidade, como também a relação entre os retornos e a volatilidade de quatro bolsas de valores na China. Após aplicarem os modelos GARCH e EGARCH, verificaram que a volatilidade era bastante persistente e previsível. Já o modelo GARCH-M (*GARCH in mean*) não apresentava qualquer relação entre os retornos esperados e o risco esperado. Numa perspetiva global, Li et al. (2005) examinaram a relação entre os retornos esperados e a volatilidade de 12 mercados de ações para um período compreendido entre janeiro de 1980 e dezembro de 2001. Os resultados revelaram uma relação positiva, mas não significativa entre os retornos e a volatilidade na maioria dos mercados analisados. Ao utilizarem uma especificação semi-paramétrica flexível da variância condicional, mostraram que a relação negativa entre os retornos e a volatilidade prevalece na maioria dos mercados. Justificaram esta relação baseando-se na alavancagem (uma queda no valor das ações de uma empresa aumenta a alavancagem financeira usada pela empresa e a sua relação dívida-capital, o que torna a ação mais arriscada, aumentando assim a sua volatilidade) e no *feedback* da volatilidade (um aumento antecipado na volatilidade

² De acordo com Mandelbrot (1963), o fenómeno do *clustering* da volatilidade caracteriza-se pelo facto de existirem períodos de grande volatilidade posteriormente a outros períodos de grande volatilidade. Da mesma forma que em períodos nos quais existem pequenas alterações nos preços são seguidos de períodos em que existem pequenas alterações dos mesmos.

aumenta o rendimento exigido, levando a uma diminuição imediata do preço das ações, resultando num retorno negativo). Dimitriou e Simos (2011) utilizaram o modelo GARCH-M de forma a investigarem a relação do retorno de ações e volatilidade de doze mercados de ações da União Económica e Monetária, bem como o mercado americano, britânico, japonês, sueco e russo, para o período de tempo entre dezembro de 1992 e dezembro de 2007. Encontraram uma relação fraca entre os retornos esperados e a volatilidade na maioria dos mercados. Os autores analisaram a reação assimétrica da volatilidade a choques positivos e negativos no retorno das ações, confirmando a assimetria negativa em quase todos os mercados. Contudo, assim como Li et al. (2005), estes autores utilizaram uma especificação semi-paramétrica flexível para a variância condicional que evidenciou uma relação negativa e significativa do risco-retorno. Também investigaram a reação assimétrica da volatilidade a choques positivos e negativos nos retornos das ações, confirmando a mesma em praticamente todos os mercados.

2.2 Influência do petróleo e do gás natural

Os determinantes do retorno do mercado de ações são uma questão importante na economia financeira e, por isso, a literatura tem tentado explicar que fatores influenciam os retornos das ações. A relação entre preços do petróleo e a economia tem-se mostrado um fator bastante forte e importante para explicar esta relação (Hamilton, 2003). Na realidade, têm sido mais os estudos que analisam o impacto dos preços do petróleo e do gás tanto nos retornos de ações como na volatilidade das mesmas, do que propriamente estudos focados na análise do retorno e da volatilidade dos preços das ações das empresas do setor da energia. Todavia, também conseguimos encontrar alguns estudos neste contexto.

Dado a importância do petróleo na economia mundial, é relevante perceber o impacto das alterações nos preços do mesmo no mercado de ações. São muitos os estudos empíricos que analisam o impacto de choques no preço do petróleo nos retornos e na volatilidade do mercado de ações. Contudo, não existe consenso na natureza desta relação.

Boyer e Fillion (2007) analisaram os fatores que explicam os retornos de empresas canadianas de petróleo e gás. Em particular, exploraram se os retornos das ações dessas empresas são sensíveis a fatores como o retorno de mercado, a taxa de juro, a taxa de câmbio, os preços do petróleo e gás natural. Concluíram que os retornos das ações das empresas são positivamente relacionados com o retorno do mercado e com a apreciação dos preços do petróleo e do gás natural. Por outro lado, a taxa de juro e a depreciação do dólar canadiano apresentam um efeito negativo no retorno das ações.

Cong et al. (2008) concluíram que os choques no preço do petróleo não apresentam impacto estatisticamente significativo no retorno das ações do mercado Chinês, à exceção de algumas empresas de petróleo analisadas, nas quais os choques no petróleo diminuem os preços das ações. No mesmo ano, McSweeney e Worthington (2008) também analisaram o impacto do preço do petróleo na indústria da Austrália. Utilizaram os

retornos de ações para um período entre janeiro de 1980 e agosto de 2006. Constataram que um aumento do preço do petróleo apresenta um impacto negativo no retorno das ações do setor bancário, do retalho e dos transportes. Por outro lado, apresenta um efeito positivo no setor da energia.

Chang et al. (2009) estudaram os *spillovers* da volatilidade entre os retornos do petróleo e os preços das ações de 10 empresas petrolíferas (BP, Chevron Corporation, ConocoPhillips, Eni S.p.A, Exxon Mobil, Lukoil, Petrobras, Royal Dutch Shell, Surgutneftegas e Total S.A.) entre 14 de novembro de 1996 e 20 de fevereiro de 2009. Os resultados mostraram que a correlação condicional entre alterações do preço do petróleo e o retorno das ações das empresas era baixa e que não havia efeito *spillover* entre o petróleo e o retorno das ações.

Narayan e Sharma (2011) utilizaram dados diários de 560 empresas americanas entre 5 de janeiro de 2000 e 31 de dezembro de 2008. Dividiram as empresas em 14 setores e, utilizando o modelo GARCH (1,1). Analisaram o efeito do preço do petróleo no retorno das ações dessas empresas, onde observaram que o efeito do preço do petróleo é estatisticamente significativo no retorno das empresas. Contudo, salientaram que esse efeito varia com o tipo de indústria a que cada empresa pertence. Empresas ligadas ao setor energético e de transformação enfrentam um aumento dos seus retornos quando os preços do petróleo aumentam. Os resultados também demonstraram que existe um atraso significativo do efeito do preço do petróleo no retorno das ações, justificando-o com o facto de que os investidores reagem à informação pública (notícias) de forma gradual.

Também Diaz e de Gracia (2017) analisaram a relação entre o retorno das ações de quatro das maiores empresas petrolíferas (BP, Exxon Mobil, Chevron e Royal Dutch Shell). Observaram um impacto significativo e positivo dos choques no preço do petróleo nos retornos das ações de empresas de petróleo e gás no curto-prazo.

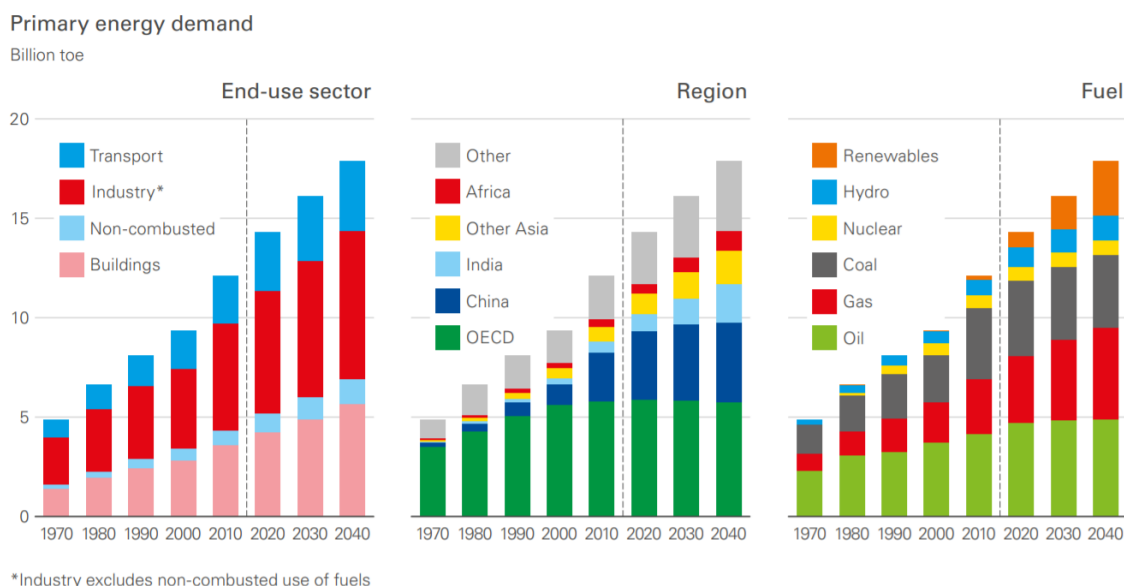
A literatura sobre o impacto dos preços do gás natural no preço das ações é mais limitada. Contudo, o gás natural tem ganho um papel cada vez mais importante no mercado energético. Esta importância deve-se ao facto de que o gás natural é utilizado em diversos setores, como residencial, comercial, industrial, geração de energia e é também utilizado como combustível para os veículos (EIA, 2018).

Acaravci et al. (2012) examinaram a relação de longo prazo entre os preços do gás natural e o preço das ações para 15 países da União Europeia entre o primeiro trimestre de 1990 e o primeiro trimestre de 2008. Os resultados empíricos mostraram uma relação de longo prazo entre os preços do gás natural, a produção industrial e o preço de ações apenas em 5 países (Áustria, Dinamarca, Finlândia, Alemanha e Luxemburgo). Contudo, não foi encontrada relação entre essas variáveis para a Bélgica, França, Grécia, Irlanda, Itália, Holanda, Portugal, Espanha, Suécia e Reino Unido. Além disso, os resultados revelaram que os aumentos dos preços do gás natural tendem a influenciar a produção industrial, o que por sua vez, afeta os preços das ações. Recentemente, Gatfaoui (2016) investigou a relação entre o mercado do gás natural e o mercado de ações nos Estados Unidos da América entre janeiro de 1997 e janeiro de 2013. Os resultados mostraram que a relação é instável ao longo do tempo.

2.3 O mercado energético

A dependência pela energia a nível mundial tem crescido nas últimas décadas. A Figura 1 retrata a procura por energia a partir de três perspetivas diferentes: a nível setorial, a nível regional e pelo tipo de energia. Nos principais setores da economia o crescimento do consumo de energia é elevado e prevê-se que continue a aumentar. Por região, também se verifica um aumento do crescimento da procura por energia. Este aumento é mais acentuado em países como a China e a Índia. Por último, em relação ao tipo de energia, verifica-se que as energias renováveis e o gás natural estão a ganhar cada vez mais importância relativamente ao petróleo e ao carvão, contabilizando uma grande percentagem do crescimento da energia. Apesar disto, prevê-se que o consumo de petróleo não diminua (BP, 2019).

Figura 1 – Procura de energia



Fonte: BP Energy Outlook 2019 edition. Recuperado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf>

Para modelizar a volatilidade dos retornos diários das ações do mercado energético espanhol, Alberola (2007) recorreu ao modelo do tipo ARCH. Analisou duas séries temporais: a primeira série temporal entre janeiro de 2002 e dezembro de 2004 para as empresas Endesa, Iberdrola, Red Eléctrica Española, Unión Fenosa, Gas Natural, Repsol e Cepsa; a segunda série temporal entre junho de 2002 e dezembro de 2004 para a empresa Enagás. Encontrou diferentes relações significativas entre o retorno condicional esperado das ações e a sua variância. Para a empresa Enagás, esta relação era negativa. Já para a empresa Cepsa era positiva. Também descobriu que o mercado elétrico era o mercado mais volátil durante o período em análise.

O primeiro artigo a analisar os determinantes dos retornos das ações de empresas do setor energético da zona euro foi o de Oberndorfer (2009). O autor focou-se na influência do

mercado da energia sobre o mercado de ações, onde analisa duas carteiras de ações para um período compreendido entre 1 de janeiro de 2002 a 15 de agosto de 2007. Uma das carteiras era constituída por empresas de *Multiline Utilities*³, que apresentavam grande foco na geração de eletricidade e na oferta de energia. Esta carteira era composta pelas empresas AEM, E.ON, Endesa, Enel, Energias de Portugal, Fortum Corp., Iberdrola, Red Eléctrica de España, RWE, Snam Rete, Solarwared, Suez, Unión Fenosa Veolia Environment e Verbund. A outra carteira era composta por empresas de petróleo e gás, nomeadamente, Bourbon, CGG Veritas, ENI, Fugro, Gas Natural SDG, OMV, Repsol YPF, Saipem, SBM Offshore, Tchnip e Total. Os resultados obtidos sugeriram que os retornos das ações das empresas de energia europeias não são apenas impulsionados pela sua relação com o risco sistemático ao longo do mercado de ações. Notaram que tanto as alterações do preço como as alterações da volatilidade do preço do petróleo afetam as ações, sendo que os preços do petróleo afetam positivamente e a volatilidade do petróleo afeta negativamente os retornos destas ações. Em contraste, os retornos das ações de energia não parecem estar relacionados com o desenvolvimento do mercado do gás. A análise empírica mostra que as ações de petróleo e gás reagem fortemente à volatilidade do petróleo.

Quando fazemos uma pesquisa no Google académico pelas citações a Oberndorfer (2009), encontramos pelo menos 152 resultados⁴. Todavia, estes estudos não analisam concretamente o comportamento dos retornos e da volatilidade de empresas cotadas em bolsa ligadas diretamente ao setor da energia, menos ainda existe evidência para a Europa. Um estudo deste género como o que aqui propomos será útil a reguladores, participantes no mercado e investigadores, uma vez que dada a volatilidade dos preços da energia no mercado é expectável um comportamento diferente das empresas deste setor comparativamente com as restantes cotadas de outros setores (Zavadska et al., 2018; Armeanu et al., 2019). Podemos ainda inferir que estes estudos concentram a sua análise nos efeitos do preço do petróleo nos retornos e volatilidade dos preços das ações, mas o nosso objetivo concreto será focar a análise no comportamento do retorno e da volatilidade mas de empresas ligadas ao setor da energia. Sendo este o maior contributo do presente estudo para a literatura existente, foi possível inferir que são poucos os estudos existentes nesta temática.

³ É um setor com empresas que produzem e distribuem serviços públicos básicos, como a eletricidade e o gás natural (Murphy, 2019).

⁴ Pesquisa realizada a 31 de maio de 2019 no Google académico. https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-PT&as_sdt=2005&scioldt=0,5&cites=11595121458508425464&scipsc=&q=&scisbd=1

3. Dados e Metodologia

Para a realização desta dissertação foram analisados dados diários de preços de fecho de ações de 18 empresas europeias, nomeadamente, BP (Reino Unido), Électricité de France (França), Enagás S.A. (Espanha), Engie (França), ENI S.p.A. (Itália), E.ON SE (Alemanha), Equinor ASA⁵ (Noruega), Galp (Portugal), Hera (Itália), Iberdrola (Espanha), National Grid (Reino Unido), OMV (Austria), Repsol S.A. (Espanha), Rubis SCA (França), RWE AG (Alemanha), Royal Dutch Shell (Holanda), Total S.A. (França) e Tullow Oil plc (Reino Unido). Das empresas anteriormente mencionadas, a Électricité de France, a Engi, a E.ON SE, a National Grid, a Hera, a Iberdrola e a RWE AG são empresas que pertencem à indústria da *Multiline Utilities*. As restantes empresas pertencem ao setor do Petróleo e Gás.

Os preços de fecho das ações são expressos na moeda do país a que cada empresa pertence e foram retirados de três *websites*: *Bolsa PT*, *Investing.com* e *Yahoo Finance*. De forma a testar o impacto das alterações dos preços diários do petróleo e do gás natural (*\$/Million Btu*) nos retornos das empresas, utilizámos os preços do Brent (em USD), em vez do WTI (*West Texas Intermediate*) como sendo o petróleo bruto mais importante que é negociado em empresas de energia europeias. Estes dados foram obtidos do *website Energy Information Administration* (EIA).

A escolha das empresas baseou-se no relatório sobre o top 100 de empresas líderes mundiais em energia segundo o *site* da empresa multinacional *Thomson Reuters*⁶. Neste relatório foram avaliados oito pilares essenciais para classificar o valor das empresas. A performance financeira, a gestão e a confiança dos investidores, a inovação, a conformidade legal, o impacto ambiental, a responsabilidade social, a reputação e o risco e resiliência foram as variáveis analisadas através de um modelo estatístico que segue uma lógica *Bayesiana*. Nesta dissertação foram selecionadas 18 das 100 maiores empresas europeias cotadas em bolsa, para as quais se conseguiu obter dados para um período comum de análise, representando assim 18% do total da amostra disponível.

A análise dos dados foi realizada por um período de 10 anos, de janeiro de 2008 a dezembro de 2018, contabilizando um total de 80185 observações.

Utilizando a abordagem de Mantegna (1999), será realizada uma análise das similaridades ao longo dos retornos das ações, através do método *Minimal Spanning Tree* (MST), para compreender a árvore hierárquica (HT) das ações. Também serão aplicados modelos tipo GARCH de forma a analisar a volatilidade das cotações das empresas.

⁵ Esta empresa encontra-se em processo de alteração de nome desde o dia 16 de maio de 2018 de Statoil ASA para Equinor ASA.

⁶ Empresa multinacional de meios de comunicação fundada em Toronto, principal concorrente da *Bloomberg L.P.*, especializada em economia e negócios.

3.1 Estatística Descritiva

A Tabela 1 fornece a estatística descritiva relativamente a todas as cotações das ações das empresas, dos índices de mercado, dos preços do petróleo e gás natural em estudo, sendo possível retirar informações relevantes para esta parte da análise.

Analisando a tabela, verifica-se que existe uma grande disparidade de valores. As médias são todas positivas, como seria de esperar, pois trata-se de cotações das ações e não existem preços de ações negativos. As empresas que apresentam as médias mais elevadas são as Britânicas, nomeadamente a National Grid, Tullow Oil plc e BP, sendo que as empresas que apresentam as médias mais baixas são a Hera (Itália) e a Iberdrola (Espanha). O MIB 30 (Itália) é o índice de mercado que contém a média mais elevada e o AEX (Holanda) a mais baixa. Em relação aos valores apresentados no desvio-padrão, novamente as empresas Britânicas exibem um maior valor, sendo que Tullow Oil plc é a que apresenta o desvio-padrão mais elevado, seguida da National Grid e da BP. A Hera é a empresa com menor desvio-padrão. O índice de mercado de Itália (MIB 30) é o índice que apresenta um maior desvio-padrão e o índice de mercado da Holanda (AEX) apresenta menor desvio-padrão.

O coeficiente de Curtose mede o grau de achatamento da curva de distribuição de probabilidade. Se o seu valor for inferior a três, significa que a função de distribuição é mais achatada que a distribuição normal, o que se verifica para as empresas Enagás S.A., Galp, Hera, National Grid, Rubis SCA, RWE AG, Royal Dutch Shell, Total S.A. e Tullow Oil plc. Se o seu valor for superior a três, tem-se que a distribuição em questão é mais alta e concentrada do que a distribuição normal, o que acontece para todas as cotações das restantes empresas. Em relação aos índices de mercado, o AEX, CAC 40, DAX-30 e FTSE 100, estes apresentam valores inferiores a três, sendo que os restantes apresentam valores superiores a três, o que significa que a distribuição é mais alta e concentrada do que a distribuição normal.

Os valores do coeficiente de assimetria são positivos, o que significa que a maioria dos valores encontram-se à esquerda da média (enviesada à esquerda).

Analisando os Mínimos e os Máximos, consegue-se perceber a amplitude amostral das empresas ao longo do período em análise. A empresa que apresentou a cotação com menor valor foi a Hera, e o índice de mercado com menor valor foi o AEX. Já a empresa que apresentou a cotação mais elevada foi a francesa Total S.A. O índice italiano, MIB 30, apresentou o valor mais elevado.

Tabela 1 - Análise descritiva dos dados

	Média	Desvio-Padrão	Curtose	Assimetria	Mínimo	Máximo	Observações
BP	471.2172	63.1805	3.2035	0.2498	302.9000	655.4000	2765
EDF	24.2168	14.2456	4.8927	1.3607	7.4000	82.9400	2765
ENAGAS	19.7460	4.9707	1.4865	0.0944	10.6700	28.4750	2765
ENGI	20.7383	7.5939	3.4759	1.0686	10.8850	44.7300	2765
ENI	16.4643	2.4441	5.5821	1.2062	10.9300	26.9300	2765
EON	15.6982	8.2049	4.3980	1.3298	6.0350	46.1611	2765
EQUINOR	148.2761	24.2683	4.3630	1.2588	96.4000	234.4000	2765
GALP	12.6004	2.1876	2.7260	0.0193	6.0550	18.2000	2765
HERA	1.9460	0.5824	1.7680	0.1510	0.9480	3.1320	2765
IBERDROLA	5.5801	1.3460	5.4531	0.9032	2.4790	10.7000	2765
NGRID	807.8540	172.1960	2.0664	0.2732	498.0130	1233.2700	2765
OMV	20.7378	7.5937	3.4765	1.0688	10.8800	44.7300	2765
REPSOL	16.1415	3.6739	3.2017	0.3863	7.3840	27.5700	2765
RUBIS	40.2612	10.5578	2.3914	0.0351	18.1600	65.0000	2765
RWE	34.8922	19.9706	2.6937	0.8604	9.2040	100.3060	2765
SHELL	24.5333	3.1496	2.6289	0.3603	15.3800	31.2200	2765
TOTAL	43.3621	5.0796	2.6736	0.3923	30.3800	58.9000	2765
TULLOW	750.8183	468.6745	1.4689	0.0552	100.6600	1601.0000	2765
AEX	399.1420	88.7891	2.0757	0.1322	199.2500	576.2400	2765
ATX	2599.6290	555.0015	3.6414	0.8752	1411.9500	4532.1000	2765
CAC 40	4214.3150	727.0871	2.0316	0.0262	2519.2900	5640.1000	2765
DAX-30	8591.6570	2570.2790	1.7903	0.1824	3666.4100	13559.6000	2765
FTSE 100	6160.2060	905.7192	2.7725	0.4403	3512.1000	7877.4500	2765
IBEX 35	9804.8250	1433.8840	3.5209	0.3276	5956.3000	15002.5000	2765
MIB 30	20318.3500	4124.1250	5.9485	1.2903	12362.5100	38063.0000	2765
OBX	475.6562	159.6535	5.6713	0.1214	-1066.5180	881.0100	2765
PSI-20	6299.7090	1508.1970	5.0610	1.3835	4260.1300	12892.7300	2765
BRENT	80.8997	27.2528	1.6789	0.0332	26.0100	143.9500	2765
GAS	3.9414	1.8888	10.0259	2.4711	1.4900	13.3100	2765

Nota: Cada teste foi realizado com recurso a dados diários entre janeiro de 2008 e dezembro de 2018, sendo considerados o valor de fecho, ou a cotação diária de cada ação e índice. BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGI corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV corresponde à empresa OMV; REPSOL corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc; AEX é o índice de mercado holandês; ATX é o índice de mercado austríaco; CAC 40 é o índice de mercado francês; DAX-30 é o índice de mercado alemão; FTSE 100 é o índice de mercado britânico; IBEX 35 é o índice de mercado espanhol; MIB 30 é o índice de mercado italiano; OBX é o índice de mercado norueguês; PSI-20 é o índice de mercado português; BRENT corresponde ao petróleo e GAS corresponde ao gás natural.

Para que as variáveis sejam estacionárias, os dados diários foram transformados em retornos, de acordo com a equação (1).

$$r_{i,t} = \ln \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right) \quad (1)$$

Na equação (1), $r_{i,t}$ é o retorno da ação i no período t . $P_{i,t}$ é o preço da ação i no período t e $P_{i,t-1}$ é o preço da ação i no período $t - 1$. Ao transformar as séries de preços em retornos, conseguimos suavizar as séries e garantir estacionariedade das mesmas, como aliás foi verificada através dos testes de raiz unitária aplicados às séries de retornos, nomeadamente através dos critérios ADF⁷ e KPSS⁸.

Em anexo, estão representados os gráficos dos retornos de cada empresa e índice de mercado, bem como do petróleo (Brent) e do gás natural. Após a análise dos gráficos em anexo, verifica-se que a evolução dos retornos ao longo do tempo não é constante. De destacar que no período de 2008 e 2009 existe uma grande variação dos retornos para todas as empresas em estudo (Figuras A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6, A.7, A.8, A.9, A.10, A.11, A.12, A.13, A.14, A.15, A.16, A.17 e A.18.), sendo que a principal razão deve-se à crise financeira internacional, *subprime*⁹, apresentando efeitos devastadores nos mercados financeiros a partir de 2008.

Também por volta de 2015 e 2016 verifica-se, para a maioria das empresas, uma variação anormal dos retornos. Um possível motivo para tal facto pode estar relacionado com a grande instabilidade nos preços do petróleo (Brent), onde o excesso de oferta de crude e a relutância dos produtores em diminuir o ritmo de extração possa ter provocado a diminuição das cotações.

Em relação aos mercados, estes são afetados por vários fatores sendo que a procura é um dos fundamentais, uma vez que quanto maior for a procura, maior será a cotação no mercado. A oferta e a procura são influenciadas pelos investidores, que estudam um conjunto alargado de fatores, ou que o deveriam de fazer, antes de investirem nos ativos. Os fatores que fazem variar as ações da bolsa são o crescimento económico de determinada empresa/país, as variações nas taxas de juro, o lucro, bem como as notícias e rumores (entre outros). Todos estes fatores combinados levam a que os investidores tomem as suas decisões, e este jogo de especulação é que leva à alteração do valor das ações, que consequentemente levam à alteração do índice de mercado. Assim como para as empresas, o mercado também evidencia bastantes variações dos retornos entre 2008 e 2009 (Figuras A.19, A.20, A.21, A.22, A.23, A.24, A.25, A.26 e A.27).

⁷ O teste *Augmented Dickey Fuller* (ADF) é um teste de raiz unitária para a estacionariedade. A hipótese nula para este teste é a de que existe uma raiz unitária. A hipótese alternativa é a de que a série temporal é estacionária (ou com tendência-estacionária).

⁸ O teste *Kwiatkowski – Phillips – Schmidt – Shin* (KPSS) calcula se uma série temporal é estacionária em torno de uma tendência média ou linear, ou se é não estacionária devido a uma raiz unitária. Uma série temporal estacionária é aquela em que as propriedades estatísticas - como a média e a variância - são constantes ao longo do tempo. A hipótese nula para o teste é que os dados são estacionários. A hipótese alternativa para o teste é que os dados não são estacionários.

⁹ Crise financeira desencadeada a 24 de julho de 2007 nos Estados Unidos da América, a partir da queda do Índice *Dow Jones* causada pela concessão de crédito hipotecário de elevado risco. Devido à forte interação da economia norte-americana com as economias do resto do mundo, a escala da crise financeira ganhou uma dimensão mundial, repercutindo-se nas bolsas de valores dos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

A matriz de correlação permite avaliar a existência de dependência linear entre os pares de variáveis. Assim, a Tabela A.1 apresenta a correlação entre os retornos das variáveis utilizadas nesta dissertação (18 empresas, 9 índices de mercado, petróleo e gás natural). É possível detetar a existência de multicolineariedade verificando se algum par apresenta correlação elevada. Ao analisar os valores da Tabela A.1 verifica-se que há evidência de valores elevados de correlação entre as empresas ENI S.p.A. e Total S.A., OMV e Engie (apresentam o valor mais elevado, nomeadamente cerca de 99.7 por cento) e também entre as empresas Royal Dutch Shell e Total S.A, uma vez que para um nível de significância de 1 por cento as empresas referidas anteriormente apresentam valores de correlação superiores a 75 por cento. Todavia, só são preocupantes em termos de multicolineariedade valores de correlação elevados entre variáveis dependentes e independentes, o que não é o caso. As empresas ENI S.p.A e Total S.A. apresentam uma forte correlação com os índices de mercado AEX, CAC 40, FTSE 100, DAX-30 (exclusivamente a empresa Total S.A.) e MIB 30 (somente a empresa ENI S.p.A). Com valores estatisticamente significativos (nível de significância de 1 por cento), a Equinor apresenta valores de correlação elevados com o índice de mercado em que está cotada, OMB. Da mesma forma, as empresas Iberdrola e Repsol exibem valores de correlação notáveis relativamente ao índice de mercado no qual estão cotadas (IBEX 35). Em relação aos índices de mercado, há evidência de valores de correlação elevados, com significância de 1 por cento, entre o índice AEX e os índices de mercado ATX, CAC, DAX-30, FTSE 100, IBEX 35, MIB 30 e OBX, entre o índice francês CAC 40 e os índices de mercado DAX-30, FTSE 100, IBEX 35, MIB 30 e OBX e PSI-20 e entre o índice ATX e os índices de mercado CAC 40, DAX-30, FTSE 100, IBEX 35 e MIB 30. A forte correlação também é observada entre o índice de mercado DAX e os índices de mercado FTSE 100, IBEX 35 e MIB 30, entre o índice de mercado FTSE 100 e os índices de mercado IBEX 35, MIB 30 e OBX, entre o índice de mercado IBEX 35 e os índices de mercado MIB 30 e PSI-20, e também entre o par MIB 30 e PSI 20 (que apresenta o valor mais baixo, nomeadamente de 76 por cento).

3.2 Minimal Spanning Tree

Diversos autores têm analisado as propriedades dos gráficos com o intuito de melhorar a compreensão de fenómenos económicos. Nos mercados financeiros, a análise de redes tem-se caracterizado como uma ferramenta bastante útil na caracterização das suas propriedades estruturais e de mercado.

Em 1999, Mantegna, ao investigar a série cronológica diária do logaritmo do preço das ações descobriu uma combinação hierárquica de ações negociadas no mercado financeiro. O seu artigo apresentava os resultados obtidos de duas carteiras de ações: uma utilizada no cálculo do índice *Dow Jones Industrial Average* (DJIA) e a outra utilizada no cálculo do índice *Standard and Poor's 500* (S&P 500). Ambos os índices descreviam a performance da Bolsa de Valores de Nova Iorque para um período entre julho de 1989 e outubro de 1995. Mantegna (1999) aplicou o método do *Minimal Spanning Tree* (MST)

para analisar as semelhanças ao longo dos preços das ações encontrando implicações significativas para a otimização da carteira.

Desde então, surgiram outros estudos que utilizam uma abordagem baseada em redes para explorar propriedades nos mercados financeiros. Bonanno et al. (2004) investigaram carteiras de ações de diferentes horizontes temporais, índices financeiros e séries temporais de volatilidade recorrendo ao *Minimal Spanning Tree*. Garas e Argyrakis (2007) investigaram o mercado de ações em Atenas para um período de 17 anos. Ao utilizarem o MST, conseguiram analisar a evolução da série temporal das carteiras, bem como do mercado. Gilmore et al. (2008) focaram a sua análise nas ligações existentes entre 21 índices de mercado de ações da União Europeia para o período de 1999 a 2006. Também Sandoval (2012) focou o seu estudo nos mercados de ações internacionais e, com a utilização do MST, foi-lhe possível obter diagramas que mostravam a relação de sensibilidade entre muitos índices em estudo.

Na análise do mercado financeiro, as interações entre as ações, são representadas em termos do Coeficiente de Correlação de *Pearson* (PCC) entre as ações das empresas i e j , tal como indica a equação (2).

$$c_{ij} = \frac{\langle r_i r_j \rangle - \langle r_i \rangle \langle r_j \rangle}{\sqrt{(\langle r_i^2 \rangle - \langle r_i \rangle^2)(\langle r_j^2 \rangle - \langle r_j \rangle^2)}} \quad (2)$$

Na equação (2), $\langle r_i \rangle = \sum_{t=1}^T r(t)_i / T$ é a média estatística da série temporal durante o período em análise T , $r_i = \ln[P_i(t)/P_i(t-1)] = \ln P_i(t) - \ln P_i(t-1)$ é o retorno das ações da empresa i no período t , que corresponde à diferença dos logaritmos de preço ou cotação da ação i entre dois períodos de tempo consecutivos, e $P_i(t)$ é o preço de fecho das ações da empresa i no período t .

O coeficiente de Correlação de *Pearson* de cada par de ações constitui uma matriz simétrica C composta por n colunas e por n linhas (ver tabela 2), denominada matriz de correlação. Os elementos da diagonal da matriz C são iguais a 1. Os restantes elementos da mesma matriz variam entre -1 e +1, em que o valor de -1 (+1) indica que o par de ações são negativamente (positivamente) correlacionados. Um valor igual a 0 significa que as ações não são correlacionadas. Assim, a matriz C é utilizada para detetar a organização hierárquica presente numa carteira de ações negociadas em bolsa.

Contudo, o coeficiente de correlação não pode ser utilizado para demonstrar a distância entre as ações, uma vez que não cumpre os três axiomas que definem uma métrica. Baseado no PCC (*Pearson Correlation Coefficient*), a distância entre as ações i e j é definida por Mantegna (1999) como:

$$d(i, j) = \sqrt{2(1 - c_{ij})} \quad (3)$$

Onde $d(i, j)$ é a matriz distância D entre a empresa i e j , e c_{ij} é a matriz simétrica C entre a empresa i e j .

A equação (3) obedece aos três axiomas da distância euclidiana:

- (i) $d_{ij} = 0$ se e só se $i = j$,
- (ii) $d_{ij} = d_{ji}$, e
- (iii) $d_{ij} \leq d_{im} + d_{mj}$

A matriz distância D , constituída por n colunas e por n linhas, é utilizada para determinar o MST, através da ligação das n ações. O método mais utilizado na construção do MST é o algoritmo de *Kruskal* (Kruskal, 1956). Este método consiste nos seguintes passos: Primeiramente, escolhe-se o par de ações com menor distância e, liga-se esse mesmo par através de uma linha. De seguida, liga-se o par de ações com a segunda menor distância e assim sucessivamente até que as ações estejam todas ligadas a uma única árvore.

Após a construção do MST, é possível obter a Árvore Hierárquica (HT) utilizando a equação (3). Estas ferramentas providenciam informação útil sobre a rede do mercado financeiro. Os seus gráficos mostram a interação ao longo das empresas revelando, por exemplo, informação de *clustering*¹⁰. O método do *clustering* é capaz de detetar a distância mínima entre duas ações que estão ligadas.

Para analisar as propriedades topológicas do MST, foram consideradas três medidas de centralidade, nomeadamente o grau de centralidade, o grau de proximidade e o grau de intermediação (Freeman, 1977, Bonacich, 1987 e Borgatti, 2005), que medem a importância relativa de cada ação. O grau de centralidade normalizado é um indicador da atividade de comunicação das empresas, e é definido pela equação (4).

$$dg_i = \sum_{j=1} \frac{a_{ij}}{(n-1)} \quad (4)$$

Onde n representa o número de empresas, $a_{ij} = 1$ se as empresas i e j estão ligadas, e 0 caso contrário.

O grau de proximidade é a medida inversa do grau de centralidade. Esta medida corresponde à capacidade de uma empresa se ligar a todas as outras empresas de uma rede. Este é definido de acordo com a equação (5).

$$c_i = \frac{(n-1)}{\sum_j e_{ij}} \quad (5)$$

Onde n é o número de empresas e e_{ij} é o número de ligações pela distância mais curta da empresa i até à empresa j .

Por fim, o grau de intermediação é um indicador do potencial de cada ação no controlo da comunicação dentro de uma rede. A medida de intermediação normalizada b_i da ação i é definida de acordo com a equação (6).

$$b_i = \sum_{j,k \wedge i \neq j \neq k} \frac{\frac{g_{jik}}{g_{jk}}}{\frac{(n-1)(n-2)}{2}} \quad (6)$$

¹⁰ Existência de cooperação entre empresas. Esta cooperação pode ser horizontal, na qual existem acordos de longo prazo entre empresas do mesmo tipo originando “alianças estratégicas”, e pode ser vertical, onde são envolvidas diferentes entidades como fornecedores, fabricantes, distribuidores e clientes.

Onde n é o número de empresas, g_{jk} é o número ligações da empresa j até à empresa k , g_{jik} é o número de ligações entre a empresa j e a empresa k , que passa pela empresa i .

3.3 Modelo GARCH

O Modelo de Heterocedasticidade Condicional Auto-Regressivo Generalizado (GARCH) foi uma generalização do modelo ARCH (Modelo de Heterocedasticidade Condicional Auto-Regressivo) proposto por Bollerslev em 1986, tornando-se num modelo bastante utilizado para descrever a variância condicional, uma vez que é um modelo parcimonioso e fácil de estimar. O modelo GARCH assume que a variância dos retornos é uma variância condicional, isto é, o seu valor no período t está condicionado aos valores nos períodos anteriores.

A variância condicional do modelo GARCH depende simultaneamente dos erros passados ao quadrado (ε_{t-i}^2) e dos seus valores passados (σ_{t-j}^2), tal como descrito na equação (7).

$$\sigma_t^2 = w + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (7)$$

Onde w , α_i e β_j parâmetros do modelo a serem estimados.

Tanto o modelo ARCH como o modelo GARCH estimam os coeficientes através do procedimento de máxima verosimilhança (*maximum likelihood*), em vez de utilizarem o desvio-padrão da amostra. O modelo GARCH (p, q) apresenta p desfasamentos no termo de variância condicional e q desfasamentos no termo do erro quadrado.

O modelo GARCH (1,1) é, de um modo geral, um bom modelo para descrever a evolução da volatilidade da série de retornos, sendo analisada a estimação de todos os modelos para $p = 1$ e $q = 1$ (Bollerslev et al., 1992). Este modelo é composto por duas equações, na qual a primeira refere-se à média condicional e a segunda equação corresponde à variância condicional (equação 8.1, 8.2 e 8.3).

$$r_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 r_{mercado,i,t} + \beta_2 r_{brent,t} + \beta_3 r_{gas,t} + \varepsilon_t \quad (8.1)$$

$$\sigma_t^2 = w + \alpha_i \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_i \sigma_{t-1}^2 \quad (8.2)$$

$$\varepsilon^2 | I_{t-1} \sim GED(0, \sigma_t^2, v) \quad (8.3)$$

Na equação da média condicional, $r_{i,t}$ representa a taxa de retorno da empresa i para o período t . $r_{mercado,i,t}$ representa o retorno do mercado da empresa i para o período t . $r_{brent,t}$ é o retorno dos preços do Brent para o período t e $r_{gas,t}$ é o retorno dos preços do gás natural para o período t . σ_t^2 corresponde à volatilidade condicional no período t . $w > 0$, $\alpha \geq 0$, $\beta \geq 0$ e $\alpha + \beta < 1$. I_{t-1} é o conjunto de informação válida no início de t , e a

função de densidade condicional é modelada pela distribuição de erro generalizado (GED).

A dimensão dos parâmetros α e β determinam a dinâmica de curto prazo da volatilidade da série temporal resultante. O coeficiente α significa que a volatilidade reage intensamente aos movimentos do mercado. Já o coeficiente β indica que choques na variância condicional levam muito tempo a desaparecer, e por isso, a volatilidade é persistente. Se α é relativamente elevado e β é relativamente baixo, então a volatilidade tende a ser mais “pontaguda”. Quando $\alpha + \beta$ se aproxima da unidade, choques no período t vão persistir ao longo de períodos futuros e implica a existência de uma “memória longa”. Se a soma dos coeficientes α e β for igual a um, qualquer choque irá levar a uma alteração permanente nos valores futuros de σ_t^2 e, conseqüentemente, os choques na variância condicional serão persistentes. Neste caso, seria necessário fazer uma estimação através do GARCH integrado, isto é, utilizando o IGARCH.

Este modelo promove a captura de factos estilizados normalmente relacionados a dados de natureza económica e financeira, como por exemplo, o fenómeno dos *clusters* de volatilidade, o excesso de Curtose (maior concentração e maior peso nas caudas das distribuições do que na distribuição normal) e a existência de heteroscedasticidade condicional dos erros.

O modelo GARCH é um modelo simétrico, ou seja, o impacto na volatilidade de um choque negativo é igual ao de um choque positivo, o que segundo Bollerslev et al., (1994) não está de acordo com as distribuições das taxas de retorno dos ativos financeiros. Por este motivo e também pelo facto de as variações dos preços estarem negativamente correlacionadas com as variações na volatilidade (efeito alavancagem), foram desenvolvidas extensões ao modelo GARCH, nomeadamente os modelos EGARCH (exponencial, Nelson, 1991) e TGARCH (*threshold* ou limiar, Glosten et al., 1993; Zakoian, 1994) com o intuito de captar estas características nas séries de dados financeiros.

3.4 Modelo GARCH-M

A relação risco-retorno é difícil de ser testada, uma vez que a variância condicional não é observável. Engle et al., (1987) introduziu então o modelo GARCH-M (*GARCH-in-Mean*), que posteriormente foi desenvolvido por Bollerslev et al., (1988). O modelo GARCH-M incorpora o efeito de volatilidade (variância condicional) na equação da média condicional de forma a explicar a ligação da variância condicional com a média condicional dos retornos e, assim, este modelo fornece uma estrutura para investigar a relação risco-retorno. Pode ser expresso de acordo com a seguinte equação (9.1 a 9.4).

$$r_t = \lambda \sigma_t^2 + \beta_0 + \beta_1 r_{\text{mercado},t} + \beta_2 r_{\text{brent},t} + \beta_3 r_{\text{gas},t} + \varepsilon_t \quad (9.1)$$

$$\sigma_t^2 = w + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (9.2)$$

$$E(\varepsilon_t) = 0, \text{ Var}(\varepsilon_t) = \sigma_t^2 \quad (9.3)$$

$$\varepsilon_t | I_{t-1} \sim GED(0, \sigma_t^2, \nu) \quad (9.4)$$

Onde r_t representa o logaritmo do retorno da ação no período. $r_{mercado,i,t}$ representa o retorno do mercado da empresa i para o período t . $r_{brent,t}$ é o retorno dos preços do Brent para o período t e $r_{gas,t}$ é o retorno dos preços do gás natural para o período t . ε_t é o termo do resíduo. Na equação (9.2), σ_t^2 corresponde à volatilidade condicional no período t , w é o termo constante, α_i é o coeficiente de reação da volatilidade e β_j é o coeficiente de persistência da volatilidade. I_{t-1} é o conjunto de informação válida no início de t , e a função de densidade condicional é modelada pela distribuição de erro generalizado (GED).

Merton (1980) e Campbell e Hentschel (1992) interpretaram o parâmetro λ como coeficiente de aversão ao risco relativo. Quando λ é positivo e estatisticamente significativo, então um aumento do risco, dado pelo aumento da variância condicional, leva a um aumento do retorno. A volatilidade contribui para o prémio de risco, para que os prémios possam divergir de períodos de relativa instabilidade para períodos de maior tranquilidade.

De acordo com Nelson (1991) o modelo GARCH-M por si só apresenta algumas limitações. Os pressupostos para os parâmetros não negativos são apenas razoáveis e podem ser enfraquecidos em certos casos. Outra limitação passa por impor restrições de parâmetros que são frequentemente violadas por coeficientes estimados e que podem restringir indevidamente a dinâmica do processo de variância condicional. Uma vez que a variância condicional é quadrática, esta acaba por falhar na captura do efeito simétrico da volatilidade após boas e más notícias. Todas estas limitações enfraquecem este modelo.

3.5 Modelo EGARCH

Os modelos descritos anteriormente defendem que o impacto da volatilidade é simétrico e assim, choques positivos ou negativos teriam exatamente o mesmo efeito na variância condicional. De forma a ultrapassar as limitações do modelo GARCH-M, Nelson (1991) apresentou o modelo EGARCH (*Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*). O objetivo deste modelo passa por modelar a assimetria da volatilidade, captando assim o efeito da alavancagem. Assim, em algumas séries, como o retorno das ações, a volatilidade resultante de um choque negativo seria maior do que a volatilidade gerada por um choque positivo (efeito alavancagem). Este modelo implica que o efeito de alavancagem, em vez de ser quadrático, é exponencial. O modelo EGARCH é expresso pela seguinte equação (10.1 a 10.3).

$$r_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 r_{mercado,t} + \beta_2 r_{brent,t} + \beta_3 r_{gas,t} + \varepsilon_t \quad (10.1)$$

$$\log(\sigma_t^2) = w + \sum_{i=1}^p \alpha_i \left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right| + \sum_{k=1}^r \gamma_k \frac{\varepsilon_{t-k}}{\sigma_{t-k}} + \sum_{j=1}^q \beta_j \log(\sigma_{t-j}^2) \quad (10.2)$$

$$\varepsilon_t | I_{t-1} \sim GED(0, \sigma_t^2, \nu) \quad (10.3)$$

Onde r_t representa o logaritmo do retorno da ação no período t . $r_{mercadoi,t}$ representa o retorno do mercado da empresa i para o período t . $r_{brent,t}$ é o retorno dos preços do Brent para o período t e $r_{gas,t}$ é o retorno dos preços do gás natural para o período t . ε_t é o termo do resíduo. Na equação (10.2), σ_t^2 corresponde à volatilidade condicional no período t , w é o termo constante, α_i é o coeficiente de reação da volatilidade, β_j é o coeficiente de persistência da volatilidade e γ_k é o coeficiente que capta a assimetria. ε_{t-i} é o resíduo observado em $t-i$ e σ_{t-i} é o desvio-padrão observado em $t-i$. I_{t-1} é o conjunto de informação válida no início de t , e a função de densidade condicional é modelada pela distribuição de erro generalizado (GED).

Choques positivos ou negativos podem produzir resultados diferentes, de acordo com o parâmetro γ (coeficiente de assimetria). Se o coeficiente de assimetria for nulo, $\gamma = 0$, então a dimensão dos choques positivos e negativos é a mesma e, portanto, a volatilidade é simétrica. Se $\gamma \neq 0$, então os choques são assimétricos, ou seja, o impacto de choques positivos na volatilidade é diferente do impacto de choques negativos. Verifica-se a presença do efeito alavancagem se o coeficiente de assimetria for negativo e estatisticamente significativo.

A principal vantagem do modelo EGARCH passa por, quando comparado com modelos anteriores, ser modelizado com o logaritmo $\log(\sigma_t^2)$ em vez de σ_t^2 , assegurando que a variância é sempre positiva. Assim não há necessidade de impor restrições de não-negatividade nos coeficientes da variância. Outra vantagem da utilização deste modelo consiste no facto do mesmo permitir que os choques positivos e negativos apresentem um impacto diferente na volatilidade, permitindo uma melhor análise. Por outro lado, o referido modelo necessita de adaptações para a sua implementação computacional e, por vezes, apresenta um elevado grau de persistência após choques significativos na volatilidade.

3.6 Modelo TGARCH

O modelo *Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heterocedastic* (TGARCH¹¹) desenvolvido por Glosten et al. (1993) e Zakoian (1994), no qual foi proposto um novo modelo que permitisse igualmente detetar a assimetria na volatilidade, sendo que os choques positivos (boas notícias) e choques negativos (más notícias) podem provocar diferentes efeitos. O modelo TGARCH é outra generalização do modelo GARCH, ao qual é adicionado um termo τ_{t-k} (equação 11.1 a 11.3).

¹¹ Este modelo é similar ao modelo GJR. Enquanto o modelo GJR se aplica à variância condicional, o modelo TGARCH aplica-se ao desvio padrão condicional (Bollerslev et al., 1994).

$$r_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 r_{mercado,t} + \beta_2 r_{brent,t} + \beta_3 r_{gas,t} + \varepsilon_t \quad (11.1)$$

$$\sigma_t^2 = w + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{k=1}^r \gamma_k \varepsilon_{t-k}^2 \tau_{t-k} + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (11.2)$$

$$\varepsilon_t | I_{t-1} \sim GED(0, \sigma_t^2, v) \quad (11.3)$$

Onde r_t representa o logaritmo do retorno da ação no período t . $r_{mercadot,t}$ representa o retorno do mercado da empresa i para o período t . $r_{brent,t}$ é o retorno dos preços do Brent para o período t e $r_{gas,t}$ é o retorno dos preços do gás natural para o período t . ε_t é o termo do resíduo. Na equação (11.2), σ_t^2 corresponde à volatilidade condicional no período t , w é o termo constante, α_i é o coeficiente de reação da volatilidade, β_j é o coeficiente de persistência da volatilidade e γ_k é o coeficiente que capta a assimetria. ε_{t-i} é o resíduo observado em $t - i$ e σ_{t-i} é o desvio-padrão observado em $t - i$. τ_{t-k} é uma variável *dummy* que captura o efeito da assimetria. Esta variável apresenta o valor 1 se $\varepsilon_{t-k} < 0$ e apresenta o valor 0 caso contrário. I_{t-1} é o conjunto de informação válida no início de t , e a função de densidade condicional é modelada pela distribuição de erro generalizado (GED).

O modelo TGARCH considera os diferentes efeitos na variância condicional, consoante a presença de boas notícias ($\varepsilon_{t-i} > 0$) e de más notícias ($\varepsilon_{t-i} < 0$). Os choques positivos (boas notícias) têm um impacto direto em α_i , enquanto o impacto dos choques negativos (más notícias) é medido por $\alpha_i + \gamma_k$.

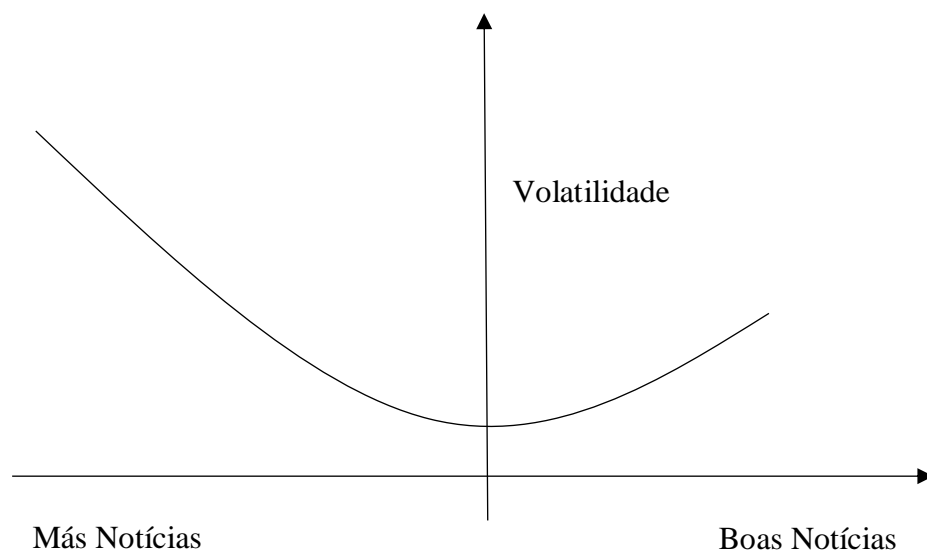
Se $\gamma_i \neq 0$, então existe um impacto diferenciado de choques negativos e positivos na volatilidade, ou seja, o impacto das notícias é assimétrico. No caso de $\gamma_i > 0$, as más notícias apresentam um maior impacto na volatilidade relativamente às boas notícias, verificando-se a existência do efeito alavancagem.

A Figura 2 ilustra o efeito assimétrico do comportamento da volatilidade face às notícias, com a presença do efeito alavancagem. Este efeito terá um maior impacto face às más notícias, relativamente às boas notícias, se o coeficiente for positivo.

Os modelos EGARCH e TGARCH são ambos modelos simétricos que capturam o efeito alavancagem entre os retornos e a volatilidade. Ambos abordam as condições de alavancagem, considerando tanto o sinal como a magnitude da inovação. Contudo, ambos os modelos utilizam métodos diferentes. No modelo EGARCH, os coeficientes de alavancagem são aplicados em ε_{t-k} (como se pode observar através da Equação 10.2), enquanto no modelo TGARCH, os coeficientes de alavancagem entram no modelo através de uma variável *dummy*. Por este motivo, se o efeito alavancagem se mantém em ambos os modelos, os coeficientes devem ser negativos no modelo EGARCH e positivos no modelo TGARCH (Cardoso, 2005).

Engle e Ng (1993) concluíram que o uso do modelo TGARCH consegue capturar melhor a relação risco-retorno do que os modelos GARCH e EGARCH.

Figura 2 - Efeito alavancagem - reação da volatilidade a boas e más notícias



Fonte: Elaboração própria.

4. Resultados Empíricos

Nesta secção são apresentados todos os resultados empíricos obtidos através da aplicação dos modelos enunciados na secção anterior.

4.1 Resultados do Minimal Spanning Tree

A Tabela A.2 (em anexo) apresenta os valores da matriz de correlação dos retornos das 18 empresas europeias do setor energético. Esta tabela foi obtida a partir da equação (2). A matriz de correlação transmite o grau de relação linear entre cada par de ações, sendo que os valores da mesma podem estar compreendidos entre -1 e 1. Através da análise da Tabela A.2, verifica-se que todas as correlações são positivas. Observa-se que as duas empresas que estão altamente correlacionadas são a Engie e a OMV. Por outro lado, as empresas britânicas National Grid e Tullow Oil são as empresas menos correlacionadas. De realçar que tanto para o par de empresas mais correlacionado como para o par de empresas menos correlacionado, são ambos constituídos por uma empresa do setor *Multiline Utilities* (Engie e National Grid) e outra do setor do Petróleo e Gás (OMV e Tullow Oil). Verifica-se que os valores da correlação são todos estatisticamente significativos a 1 por cento.

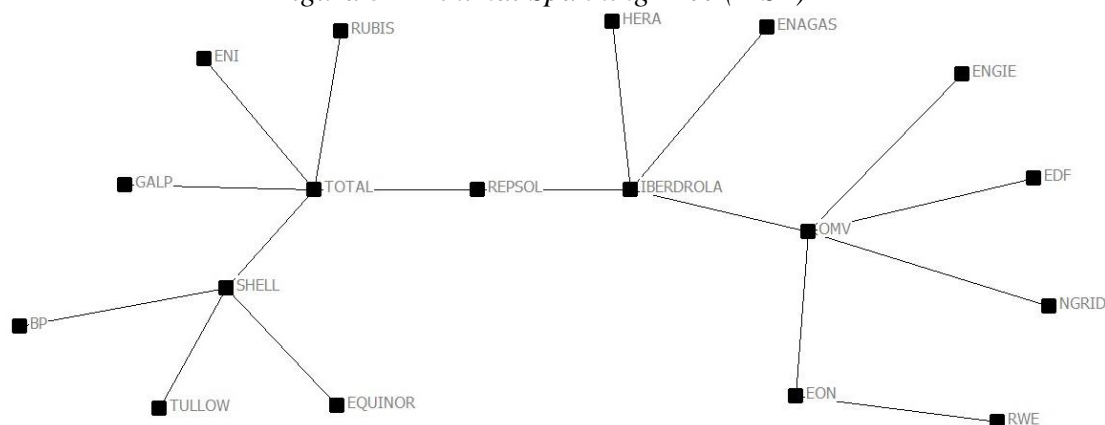
A matriz de D resultante da equação (3) está representada em anexo na Tabela A.3. As empresas mais correlacionadas apresentam uma menor distância, enquanto as empresas menos correlacionadas apresentam maior distância.

Antes de analisar a dinâmica de rede das empresas, é apresentada a estrutura topológica da rede de ações. Para visualizar a rede topológica, utilizámos o *software* UCINET 6 e NetDraw 2.167 (Borgatti, 2002). A Figura 3 apresenta a correlação baseada no MST para as 18 ações das empresas ligadas ao setor energético.

O MST, ao filtrar a informação na rede, facilita a análise das ações. A Total S.A. e a OMV ocupam a posição central e a maioria das ações estão ligadas às mesmas. Estas empresas, com maior número de ligações (5), apresentam as ações mais influentes. De realçar que, tanto as empresas espanholas (Enagás, Repsol e Iberdrola), como as empresas alemãs (RWE AG e E.ON SE) estão diretamente ligadas entre si.

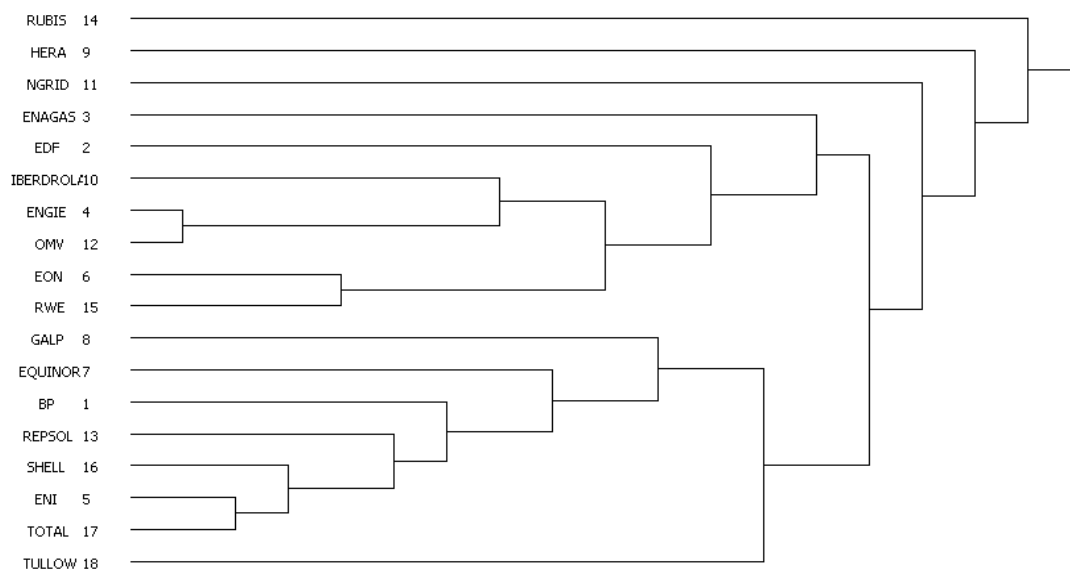
A Figura 4 mostra a Árvore Hierárquica (HT) das 18 ações. Nesta figura, entre duas ações i e j ligadas, existe uma linha horizontal que corresponde à distância $d(i, j)$. Observa-se dois grupos de empresas, Engie-OMV e ENI S.p.A.-Total S.A., que emergem no sentido do *clustering*, onde as distâncias são menores e a correlação é mais forte.

Figura 3 - Minimal Spanning Tree (MST)



Nota: O MST foi criado com recurso ao programa UCINET 6 e ao programa NetDraw 2.167. Foram considerados o logaritmo dos retornos diários das ações de 18 empresas entre 2008 e 2018. BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGIE corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV corresponde à empresa OMV; REPSOL corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc.

Figura 4 - Árvore Hierárquica (HT)



Nota: A Árvore Hierárquica (HT) foi criada com recurso ao programa UCINET 6 e ao programa NetDraw 2.167. Foram considerados o logaritmo dos retornos diários das ações de 18 empresas entre 2008 e 2018. BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGIE corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV corresponde à empresa OMV; REPSOL corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc.

Com o objetivo de fornecer uma melhor interpretação da posição estrutural das ações, os resultados das três medidas tradicionais de centralidade para cada empresa estão apresentados na Tabela 2.

De acordo com o grau de centralidade, a Total S.A. e a OMV apresentam um maior número de ligações com as restantes ações. O mesmo tinha sido concluído anteriormente, com a análise do MST (Figura 3).

Quanto maior for o número de ligações a uma ação, maior será a influência desta ação sobre as restantes. Como resultado, a Total S.A. e a OMV são as duas empresas com maior influência, apresentando valores de 0.2941. Estas empresas são seguidas da Iberdrola e da Royal Dutch Shell (0.2353). As outras duas ações mais importantes são a Repsol S.A. e a E.ON SE, onde cada empresa apresenta valores de centralidade de 0.1177. Em relação ao grau de proximidade, quanto mais elevado este for, mais rapidamente as ações são influenciadas pelo comportamento de outras ações. Assim as empresas espanholas, Iberdrola e Repsol S.A., são as mais influenciadas pelas restantes ações, uma vez que apresentam valores mais elevados (0.4146). A empresa que é menos influenciada é a alemã RWE AG (0.2208).

Já o grau de intermediação expressa o “controlo da comunicação”, ou seja, indica o potencial de cada ação para influenciar as restantes ações. A Total S.A. e a Iberdrola apresentam os valores mais elevados (0.6250) em termos de grau de intermediação. Isto indica que a influência da maioria das ações sobre as restantes ações passa por estas duas empresas. Assim, a Total S.A. e a Iberdrola desempenham um papel crucial na rede, como elemento de ligação que pode coordenar a informação entre as ações. As restantes quatro ações com valores de intermediação elevados são a Repsol S.A. (0.5294), OMV (0.5047), Royal Dutch Shell (0.3309) e E.ON SE (0.1177).

Segundo Larcker et al. (2013) o setor de *utilities*, é o setor que apresenta valores mais elevados nas três medidas de centralidade, enquanto o setor da energia apresenta valores menores. Heemskerk et al. (2013) analisou 300 empresas europeias entre 2005 e 2010, e verificou que a Total S.A. é a empresa com maior grau de centralidade em 2010 ocupando a segunda posição. Em relação ao grau de intermediação, no top 10, destacam-se novamente a empresa Total S.A., mas também a empresa holandesa Royal Dutch Shell. Isto sugere que a francesa Total S.A. é uma das empresas mais importantes, o que também é verificado nesta dissertação através dos resultados acima apresentados.

Tabela 2 - Medidas de Centralidade

	Grau de Centralidade	Grau de Proximidade	Grau de Intermediação
TOTAL	0.2941	0.3954	0.6250
OMV	0.2941	0.3617	0.5074
IBERDROLA	0.2353	0.4146	0.6250
SHELL	0.2353	0.3208	0.3309
REPSOL	0.1177	0.4146	0.5294
EON	0.1177	0.2787	0.1177
ENAGAS	0.0588	0.2983	0.0000
HERA	0.0588	0.2983	0.0000
ENI	0.0588	0.2881	0.0000
GALP	0.0588	0.2881	0.0000
RUBIS	0.0588	0.2881	0.0000
EDF	0.0588	0.2698	0.0000
ENGIE	0.0588	0.2698	0.0000
BP	0.0588	0.2464	0.0000
EQUINOR	0.0588	0.2464	0.0000
NGRID	0.0588	0.2698	0.0000
TULLOW	0.0588	0.2464	0.0000
RWE	0.0588	0.2208	0.0000

Nota: As medidas de centralidade foram obtidas com recurso ao programa UCINET 6. Foram considerados o logaritmo dos retornos diários das ações de 18 empresas entre 2008 e 2018. BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGI corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV corresponde à empresa OMV; REPSOL corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc.

4.2 Resultados do modelo GARCH

Na Tabela 3 são apresentados os resultados dos parâmetros estimados para o modelo GARCH (1,1). Primeiramente, os valores de verosimilhança (*Log-likelihood*) são elevados, o que implica que o modelo GARCH é uma representação atrativa do comportamento dos retornos diários das 18 empresas.

Ao analisar os resultados dos parâmetros da equação da média condicional, verifica-se que o mercado apresenta um impacto estatisticamente significativo e positivo nos retornos das ações para todas as empresas.

Uma vez que se trata de empresas do setor energético, seria de esperar que os retornos dos preços do petróleo e o do gás natural influenciassem o retorno das ações de forma positiva. O petróleo é estatisticamente significativo para todas as empresas, à exceção da Enagás S.A., Engie e Hera. A influência do retorno dos preços do petróleo é positiva, com um nível de significância de 1 por cento para a BP, ENI S.p.A, E.ON SE, Equinor ASA, Galp, OMV, Repsol, RWE AG, Royal Dutch Shell, Total S.A. e Tullow Oil plc. A

empresa francesa de *multiline utilities*, Électricité de France, também é influenciada pelo petróleo, mas com menor nível de significância (5 por cento). Um aumento dos retornos do preço do petróleo afeta negativamente as ações das empresas Iberdrola e National Grid (com nível de significância de 1 por cento).

Já o impacto do gás natural é positivo e significativo a 5 por cento apenas para as empresas E.ON SE e RWE. Nas empresas BP e Hera, o gás natural apresenta um efeito negativo e estatisticamente significativo a 10 por cento e a 5 por cento, respetivamente. Nas restantes empresas, os preços do gás natural não apresentam qualquer influência significativa.

De acordo com Dedi e Yavas (2016), o parâmetro α (parâmetro ARCH) mede até que ponto os choques dos retornos de hoje sustentam a volatilidade do próximo período. Geralmente este parâmetro varia entre 0.05 (que corresponde a um valor estável) e 0.1 (valor mais instável). A soma dos parâmetros α e β mede a taxa a que este efeito desaparece ao longo do tempo.

Através da análise da Tabela 3, verifica-se que as ações da empresa Électricité de France ($\alpha = 0.0255$) e Galp ($\alpha = 0.0310$) são as mais estáveis, mas por outro lado, as ações da empresa britânica National Grid ($\alpha = 0.1809$) e da empresa espanhola Iberdrola ($\alpha = 0.1139$) têm tendência a ser mais instáveis. O coeficiente β indica os efeitos de longo prazo dos choques passados nos retornos, que normalmente apresenta valores entre 0.85 e 0.98 (Dedi e Yavas, 2016). Os resultados revelam que as empresas Électricité de France e Galp apresentam maior persistência e a Rubis SCA a menor. Analisando os efeitos dos parâmetros ARCH e GARCH, a Tullow Oil plc (0,9925) apresenta o valor de $\alpha + \beta$ mais próximo de um, indicando que o efeito dos choques da volatilidade desaparecem de forma mais lenta.

Tabela 3 - Resultados da aplicação do modelo GARCH (1,1)

	Equação da Média Condicional				Equação da Variância Condicional						
	β_0	β_1	β_2	β_3	w	α	β	$\alpha + \beta$	R^2	Log likelihood	Teste DW
BP	-0.0002	0.9115	0.1586	-0.0060	0.0000	0.0501	0.9318	0.9819	0.5135	8811.4270	1.9956
P-value	0.2078	0.0000***	0.0000***	0.0769*	0.0007***	0.0000***	0.0000***				
EDF	-0.0004	0.7699	0.0266	0.0004	0.0000	0.0255	0.9657	0.9912	0.3347	7715.8870	1.9541
P-value	0.0564*	0.0000***	0.0218**	0.9322	0.0113**	0.0000***	0.0000***				
Enagás	0.0004	0.5790	-0.0094	0.0034	0.0000	0.0628	0.9048	0.9676	0.3609	8539.4200	2.0815
P-value	0.0361**	0.0000***	0.3247	0.4312	0.0001***	0.0000***	0.0000***				
Engie	-0.0007	0.9477	-0.0096	-0.0046	0.0000	0.0989	0.8475	0.9464	0.5197	8547.8340	1.9577
P-value	0.0000***	0.0000***	0.2913	0.2443	0.0000***	0.0000***	0.0000***				
Eni	-0.0000	0.7311	0.1540	0.0033	0.0000	0.0383	0.9498	0.9880	0.6977	9208.6560	2.0666
P-value	0.7295	0.0000***	0.0000***	0.3184	0.0020***	0.0000***	0.0000***				
E.On	-0.0008	0.8745	0.0311	0.0102	0.0000	0.0737	0.8795	0.9532	0.4299	8098.4980	2.0458
P-value	0.0000***	0.0000***	0.0011***	0.0149**	0.0000***	0.0000***	0.0000***				
Equinor	-0.0003	0.8492	0.1367	-0.0034	0.0000	0.0626	0.9249	0.9875	0.6924	8989.8170	2.1961
P-value	0.0236**	0.0000***	0.0000***	0.3125	0.0015***	0.0000***	0.0000***				
Galp	0.0000	0.7759	0.2406	-0.0062	0.0000	0.0310	0.9610	0.9921	0.5080	8172.4370	1.9860
P-value	0.8381	0.0000***	0.0000***	0.1960	0.0026***	0.0000***	0.0000***				
Hera	0.0002	0.4323	0.0047	-0.0114	0.0000	0.0868	0.8810	0.9677	0.2268	8018.2750	2.1114
P-value	0.2357	0.0000***	0.6724	0.0224**	0.0001***	0.0000***	0.0000***				
Iberdrola	0.0004	0.8275	-0.0272	0.0041	0.0000	0.1139	0.8653	0.9793	0.6445	9176.0600	2.0641
P-value	0.0020***	0.0000***	0.0001***	0.1613	0.0000***	0.0000***	0.0000***				
Ngrid	0.0005	0.5495	-0.0362	0.0031	0.0000	0.1809	0.6775	0.8584	0.2470	8703.0960	2.2918
P-value	0.0008***	0.0000***	0.0000***	0.3506	0.0000***	0.0000***	0.0000***				
Omv	-0.0005	0.6668	0.0322	-0.0038	0.0000	0.0643	0.9061	0.9704	0.3023	7944.9210	2.0003
P-value	0.0241**	0.0000***	0.0120**	0.4621	0.0001***	0.0000***	0.0000***				
Repsol	0.0001	0.8762	0.1662	0.0015	0.0000	0.0624	0.9277	0.9901	0.6511	8737.5900	2.0409
P-value	0.7241	0.0000***	0.0000***	0.6569	0.0007***	0.0000***	0.0000***				
Rubis	0.0002	0.5348	0.0063	-0.0028	0.0004	0.1500	0.6000	0.7500	0.1496	6539.2640	2.0162
P-value	0.8999	0.0000***	0.9161	0.9404	0.0024***	0.0882*	0.0000***				
Rwe	-0.0004	0.7543	0.0302	0.0117	0.0000	0.0404	0.9483	0.9888	0.3369	7756.7620	1.9557
P-value	0.0708*	0.0000***	0.0077***	0.0246**	0.0010***	0.0000***	0.0000***				
Shell	0.0001	0.6880	0.1486	0.0029	0.0000	0.0367	0.9529	0.9896	0.6024	9147.5280	1.9627
P-value	0.7074	0.0000***	0.0000***	0.4041	0.0020***	0.0000***	0.0000***				
Total	-0.0001	0.8191	0.1435	0.0004	0.0000	0.0421	0.9486	0.9908	0.7251	9458.0330	2.0058
P-value	0.3434	0.0000***	0.0000***	0.9079	0.0066***	0.0000***	0.0000***				
Tullow	-0.0010	1.0382	0.3305	0.0077	0.0000	0.0605	0.9320	0.9925	0.3178	6677.3960	2.1444
P-value	0.0012***	0.0000***	0.0000***	0.3537	0.0005***	0.0000***	0.0000***				

Nota: Nesta tabela estão presentes os resultados obtidos por aplicação do modelo GARCH (1,1) da estimação com a forma $\mathbf{r}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \mathbf{r}_{mercado,i,t} + \beta_2 \mathbf{r}_{brent,t} + \beta_3 \mathbf{r}_{gas,t} + \varepsilon_t$ $\varepsilon_t | I_{t-1} \sim GED(0, \sigma_t^2, v)$, $\sigma_t^2 = w + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$. $r_{mercado,i,t}$ representa o retorno do mercado da empresa i para o período t . $r_{brent,t}$ é o retorno dos preços do Brent para o período t e $r_{gas,t}$ é o retorno dos preços do gás natural para o período t . BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGI corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV corresponde à empresa OMV; REPSOL

*corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc. Significativo a um nível de 1 por cento ***; significativo a um nível de 5 por cento **; significativo a um nível de 10 por cento *. Ver secção 3.5 para mais detalhe.*

4.3 Resultados do modelo GARCH-M

A Tabela 4 exibe os resultados da estimação dos parâmetros do modelo GARCH-M para investigar se um aumento da volatilidade nas empresas em estudo leva a um aumento dos retornos futuros. Mais uma vez, verifica-se que os valores de verosimilhança são elevados e idênticos aos valores obtidos após a estimação do modelo GARCH.

Novamente o impacto do mercado sobre o retorno das ações das empresas foi positivo e estatisticamente significativo (nível de significância de 1 por cento).

A influência do petróleo é estatisticamente significativa para todas as empresas, à exceção da Enagás S.A., Engie e Hera e Rubis SCA. Os retornos dos preços do petróleo influenciam positivamente com um nível de significância de 1 por cento as empresas BP, ENI S.p.A, E.ON SE, Equinor ASA, Galp, Repsol, RWE AG, Royal Dutch Shell, Total S.A. e Tullow Oil plc, e com um nível de significância de 5 por cento as empresas Électricité de France e OMV. Mais uma vez, os resultados demonstram que um aumento do retorno dos preços do petróleo influencia negativamente as ações das empresas Iberdrola e National Grid (com nível de significância de 1 por cento). O impacto do gás natural segundo o modelo GARCH-M apresenta os mesmos efeitos do que no modelo anterior (GARCH), ou seja, influência de forma positiva e significativa a 5 por cento apenas as empresas E.ON SE e RWE. Assim como no modelo GARCH (1,1), o gás natural apresenta um efeito negativo e estatisticamente significativo a 10 por cento na empresa BP e a 5 por cento na empresa Hera.

Oberndorfer (2009) refere que em contraste com a experiência Canadiana, onde Boyer e Filion (2007) verificam que há uma sensibilidade do retorno de ações a uma variação nos preços do gás apesar de menor do que nos preços do petróleo, o gás natural não parece influenciar de todo os retornos de ações de empresas energéticas na Europa. Neste sentido, os nossos resultados parecem opor-se aos de Oberndorfer (2009), dado que os resultados parecem indicar um impacto negativo para algumas das empresas estudadas e no período da amostra utilizada. Segundo a EIA (2018), o petróleo, em contraste com o gás, é pouco utilizado para geração de energia na Europa, pois uma grande parte do gás vendido na Europa baseia-se em contratos de longo prazo cujo preço é determinado aplicando uma fórmula que combina os preços do gás com os do petróleo, para evitar incentivos a trocas de combustível (Siliverstovs et al., 2005).

Logo, faz mais sentido verificar a influência positiva dos preços do petróleo nas ações como referência que é para os restantes recursos. Como tentativa de explicar a influência negativa do gás podemos referir que as empresas de energia tendem a proteger-se mais fortemente contra movimentos inesperados do preço do gás, do que contra os riscos do preço do petróleo (Haushalter, 2000; Choi e Kim, 2018; Hong et al., 2019). O parâmetro

estimado γ mede a relação entre os retornos e a volatilidade condicional. Este coeficiente, na equação da média condicional, é positivo e estatisticamente significativo, com um nível de significância de 10 por cento, nas empresas Engie e RWE AG. Com o mesmo nível de significância, mas com um impacto negativo está o coeficiente estimado para a empresa Royal Dutch Shell. O coeficiente γ estimado obteve um nível de significância de 5 por cento para empresa francesa Rubis SCA. Isto significa que um aumento da volatilidade nas empresas Engie, RWE AG e Rubis SCA, resulta num aumento dos seus retornos futuros. Por outro lado, um aumento da volatilidade origina retornos negativos na empresa Royal Dutch Shell. Pode-se inferir que, a chegada de novas informações (sejam elas boas ou não), aumentam a volatilidade dos retornos das ações desta empresa. Este aumento faz com que o retorno exigido pelo investidor seja maior (aumento do prémio de risco), levando à queda nos preços das ações e, conseqüentemente, ao aumento da volatilidade dos retornos futuros (efeito do *feedback* da volatilidade).

Os resultados obtidos não são surpreendentes. Segundo Glosten et al. (1993), se os agentes são avessos ao risco, exigem um maior retorno esperado de um ativo que seja mais arriscado dentro de um período (sinal positivo do coeficiente γ). Por outro lado, um grande retorno esperado pode não ser obrigatoriamente necessário, no caso de os investidores quererem poupar mais durante períodos mais arriscados (sinal negativo do coeficiente γ).

Tabela 4 - Resultados da aplicação do modelo GARCH-M

	Equação da Média Condicional					Equação da Variância Condicional			R^2	Log likelihood	Teste DW
	λ	β_0	β_1	β_2	β_3	w	α	β			
BP	-1.4582	-0.0001	0.9120	0.1581	-0.0062	0.0000	0.0500	0.9320	0.5140	8811.5510	1.9981
P-value	0.5267	0.8250	0.0000***	0.0000***	0.0699*	0.0007***	0.0000***	0.0000***			
EDF	-1.5247	-0.0001	0.7725	0.0281	0.0003	0.0000	0.0262	0.9646	0.3346	7716.2260	1.9550
P-value	0.4422	0.8929	0.0000***	0.0150**	0.9566	0.0104**	0.0000***	0.0000***			
Enagás	1.7367	0.0002	0.5792	-0.0095	0.0034	0.0000	0.0627	0.9049	0.3610	8539.5360	2.0811
P-value	0.5898	0.6637	0.0000***	0.3194	0.4272	0.0001***	0.0000***	0.0000***			
Engie	3.6083	-0.0011	0.9490	-0.0100	-0.0042	0.0000	0.0952	0.8531	0.5217	8549.0000	1.9635
P-value	0.0995*	0.0004***	0.0000***	0.2699	0.2800	0.0000***	0.0000***	0.0000***			
Eni	3.5761	-0.0003	0.7317	0.1532	0.0034	0.0000	0.0388	0.9490	0.6984	9209.2270	2.0717
P-value	0.2944	0.2730	0.0000***	0.0000***	0.3093	0.0020***	0.0000***	0.0000***			
E.On	-1.7272	-0.0005	0.8740	0.0318	0.0100	0.0000	0.0720	0.8825	0.4291	8099.1100	2.0411
P-value	0.3032	0.1319	0.0000***	0.0008***	0.0155**	0.0000***	0.0000***	0.0000***			
Equinor	-0.3491	-0.0003	0.8497	0.1365	-0.0034	0.0000	0.0624	0.9252	0.6923	8989.8220	2.1957
P-value	0.9049	0.2581	0.0000***	0.0000***	0.3056	0.0015***	0.0000***	0.0000***			
Galp	-0.8147	0.0002	0.7761	0.2406	-0.0062	0.0000	0.0310	0.9610	0.5079	8172.5130	1.9853
P-value	0.7074	0.6648	0.0000***	0.0000***	0.1985	0.0026***	0.0000***	0.0000***			
Hera	0.7684	0.0001	0.4320	0.0052	-0.0115	0.0000	0.0870	0.8805	0.2269	8018.3250	2.1108
P-value	0.7128	0.7599	0.0000***	0.6433	0.0202**	0.0001***	0.0000***	0.0000***			
Iberdrola	-2.4005	0.0005	0.8274	-0.0285	0.0042	0.0000	0.1128	0.8665	0.6440	9176.7490	2.0606
P-value	0.2165	0.0025***	0.0000***	0.0000***	0.1508	0.0000***	0.0000***	0.0000***			
Ngrid	1.3455	0.0003	0.5501	-0.0351	0.0031	0.0000	0.1831	0.6729	0.2495	8703.4300	2.2899
P-value	0.5002	0.1872	0.0000***	0.0000***	0.3452	0.0000***	0.0000***	0.0000***			
Omv	1.0549	-0.0007	0.6671	0.0319	-0.0038	0.0000	0.0646	0.9057	0.3034	7945.0480	2.0040
P-value	0.5966	0.0987*	0.0000***	0.0129**	0.4566	0.0001***	0.0000***	0.0000***			
Repsol	-1.4140	0.0002	0.8753	0.1671	0.0014	0.0000	0.0624	0.9277	0.6511	8737.7820	2.0416
P-value	0.4960	0.4001	0.0000***	0.0000***	0.6850	0.0006***	0.0000***	0.0000***			
Rubis	29.7731	-0.0059	0.5085	0.0047	0.0034	0.0000	0.0004	0.8332	0.1484	8167.6810	2.0199
P-value	0.0375**	0.0415**	0.0000***	0.5632	0.3694	0.0140**	0.0002***	0.0000***			
Rwe	2.7774	-0.0010	0.7528	0.0314	0.0116	0.0000	0.0394	0.9499	0.3371	7758.0270	1.9560
P-value	0.0597*	0.0074***	0.0000***	0.0057***	0.0267**	0.0012***	0.0000***	0.0000***			
Shell	-5.5642	0.0005	0.6881	0.1495	0.0028	0.0000	0.0339	0.9570	0.6013	9148.5920	1.9557
P-value	0.0851*	0.0952*	0.0000***	0.0000***	0.4064	0.0026***	0.0000***	0.0000***			
Total	3.2221	-0.0003	0.8195	0.1433	0.0005	0.0000	0.0426	0.9480	0.7256	9458.3630	2.0094
P-value	0.4062	0.2408	0.0000***	0.0000***	0.8838	0.0063***	0.0000***	0.0000***			
Tullow	-0.5808	-0.0007	1.0405	0.3292	0.0081	0.0000	0.0613	0.9311	0.3179	6677.6690	2.1436
P-value	0.5017	0.1001	0.0000***	0.0000***	0.3288	0.0005***	0.0000***	0.0000***			

Nota: Nesta tabela estão presentes os resultados obtidos por aplicação do modelo GARCH (1,1) da estimação com a forma $r_t = \lambda \sigma_t^2 + \beta_0 + \beta_1 r_{\text{mercado},t} + \beta_2 r_{\text{brent},t} + \beta_3 r_{\text{gas},t} + \varepsilon_t$ $\varepsilon_t | I_{t-1} \sim GED(0, \sigma_t^2, \nu)$, $\sigma_t^2 = w + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$. σ_t^2 é a volatilidade condicional no período t . $r_{\text{mercado},t}$ representa o retorno do mercado da empresa i para o período t . $r_{\text{brent},t}$ é o retorno dos preços do Brent para o período t e $r_{\text{gas},t}$ é o retorno dos preços do gás natural para o período t . BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGI corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à

*empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV corresponde à empresa OMV; REPSOL corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc. ***, **, * representa coeficiente estatisticamente significativo a 1%, 5% e 10%, respetivamente. Ver secção 3.6 para mais detalhes.*

4.4 Resultados do modelo EGARCH

Os resultados da estimação do modelo EGARCH estão presentes na Tabela 5. O modelo EGARCH, além de capturar a persistência, captura também o efeito da assimetria, no qual as notícias positivas têm efeitos diferentes das notícias negativas. Ao analisar os resultados observa-se que este modelo constitui uma boa representação dos retornos diários das empresas em estudo, dados os valores de verosimilhança elevados.

Os retornos dos preços do mercado são positivos e estatisticamente significativos, com significância de 1 por cento, para todas as empresas. À semelhança dos resultados anteriores, o efeito do petróleo é estatisticamente significativo para todas as empresas, à exceção da Enagás S.A., Engie, Hera e Rubis SCA. A influência positiva e significativa a 1 por cento do petróleo é verificada em empresas como a BP, ENI S.p.A, E.ON SE, Equinor ASA, Galp, OMV, Repsol, RWE AG, Royal Dutch Shell, Total S.A. e Tullow Oil plc, e significativa a 5 por cento apenas a empresa Électricité de France. Já a influência negativa dos preços do petróleo é verificada para as empresas Iberdrola e National Grid (com nível de significância de 1 por cento). Em relação à influência do gás natural, este apresenta um impacto positivo e significativo a 5 por cento nos retornos das empresas E.ON SE e RWE. Na empresa Hera, o gás natural apresenta um efeito negativo e estatisticamente significativo a 5 por cento.

A persistência apresentada no modelo EGARCH para a maior parte das empresas apresenta valores elevados e estatisticamente significativos, indicando que um choque na volatilidade demora a dissipar-se. Apenas para a BP, o valor de β não foi estatisticamente significativo. Mais uma vez, o valor do coeficiente de reação (α) é estatisticamente significativo para todas as empresas, à exceção da BP, o que significa que a volatilidade da maioria das empresas em análise reage intensamente aos movimentos do mercado. Para as restantes empresas, este coeficiente foi muito idêntico ao obtido no modelo GARCH.

Com um nível de significância de 1 por cento, o termo assimétrico do modelo EGARCH, γ , é positivo para as empresas BP e Royal Dutch Shell. Para a empresa Equinor, o termo assimétrico também foi positivo e estatisticamente significativo, mas com um nível de significância de 10 por cento, ou seja, para estas empresas o impacto de choques positivos é significativamente maior do que o impacto de choques negativos na volatilidade. Verifica-se que para as empresas Hera e Galp, o coeficiente de assimétrica é negativo e estatisticamente significativo a 1 por cento e a 5 por cento, respetivamente. Assim, para estas empresas, a hipótese do efeito alavancagem é verificada. Choques negativos nas

empresas Hera e Galp apresentam um maior impacto na volatilidade, comparativamente aos choques positivos.

Tabela 5 - Resultados da aplicação do modelo EGARCH

	Equação da Média Condicional				Equação da Variância Condicional				R^2	Log likelihood	Teste DW
	β_0	β_1	β_2	β_3	w	α	γ	β			
BP	-0.0001	0.8926	0.1501	-0.0034	-8.8339	0.0100	0.0100	0.0100	0.5140	8289.3230	1.9963
P-value	0.8064	0.0000***	0.0000***	0.5801	0.0508*	0.1254	0.0069***	0.9843			
EDF	-0.0004	0.7697	0.0265	0.0010	-0.1535	0.0888	-0.0003	0.9892	0.3347	7724.5690	1.9541
P-value	0.0563*	0.0000***	0.0218**	0.8409	0.0004***	0.0000***	0.9739	0.0000***			
Enagás	0.0003	0.5765	-0.0101	0.0017	-0.3443	0.1390	-0.0204	0.9733	0.3608	8536.2740	2.0807
P-value	0.0570*	0.0000***	0.2829	0.6788	0.0000***	0.0000***	0.1268	0.0000***			
Engie	-0.0006	0.9489	-0.0104	-0.0047	-0.1574	0.0914	0.0066	0.9899	0.5198	8560.2190	1.9581
P-value	0.0001***	0.0000***	0.2535	0.2308	0.0000***	0.0000***	0.5202	0.0000***			
Eni	-0.0000	0.7292	0.1527	0.0031	-0.1657	0.1035	-0.0045	0.9907	0.6973	9211.3540	2.0674
P-value	0.7317	0.0000***	0.0000***	0.3446	0.0000***	0.0000***	0.6504	0.0000***			
E.On	-0.0008	0.8784	0.0317	0.0102	-0.4959	0.1885	0.0201	0.9577	0.4302	8110.7250	2.0461
P-value	0.0000***	0.0000***	0.0009***	0.0128**	0.0000***	0.0000***	0.1462	0.0000***			
Equinor	-0.0003	0.8486	0.1359	-0.0031	-0.2218	0.1266	0.0191	0.9862	0.6924	8995.7390	2.1964
P-value	0.0376**	0.0000***	0.0000***	0.3578	0.0000***	0.0000***	0.0944*	0.0000***			
Galp	-0.0000	0.7725	0.2419	-0.0058	-0.1004	0.0784	-0.0170	0.9954	0.5077	8175.0730	1.9861
P-value	0.8126	0.0000***	0.0000***	0.2262	0.0000***	0.0000***	0.0439**	0.0000***			
Hera	0.0002	0.4296	0.0035	-0.0111	-0.3294	0.1587	-0.0393	0.9754	0.2266	8028.7710	2.1107
P-value	0.3387	0.0000***	0.7549	0.0247**	0.0000***	0.0000***	0.0031***	0.0000***			
Iberdrola	0.0004	0.8243	-0.0267	0.0034	-0.3895	0.2109	-0.0081	0.9752	0.6439	9178.2060	2.0640
P-value	0.0034***	0.0000***	0.0001***	0.2443	0.0000***	0.0000***	0.6040	0.0000***			
Ngrid	-0.0000	0.6671	-0.0733	0.0013	-8.7183	0.0100	0.0100	0.0100	0.2559	8122.4220	2.2926
P-value	0.8712	0.0000***	0.0000***	0.8421	0.2479	0.2757	0.2149	0.9907			
Omv	-0.0005	0.6655	0.0328	-0.0038	-0.2093	0.1192	0.0077	0.9860	0.3024	7952.7180	2.0004
P-value	0.0346**	0.0000***	0.0098***	0.4399	0.0000***	0.0000***	0.5442	0.0000***			
Repsol	0.0001	0.8753	0.1652	0.0021	-0.2099	0.1445	0.0016	0.9886	0.6509	8750.8750	2.0404
P-value	0.4667	0.0000***	0.0000***	0.5405	0.0000***	0.0000***	0.8924	0.0000***			
Rubis	0.0001	0.4983	-0.0121	-0.0036	-0.0920	0.0411	0.0138	0.9926	0.1481	8207.5330	2.0100
P-value	0.4768	0.0000***	0.1558	0.3117	0.0111**	0.0001***	0.1441	0.0000***			
Rwe	-0.0004	0.7571	0.0304	0.0109	-0.2090	0.1309	-0.0041	0.9863	0.3372	7769.3820	1.9559
P-value	0.0675*	0.0000***	0.0072***	0.0336**	0.0000***	0.0000***	0.6912	0.0000***			
Shell	0.0001	0.6893	0.1534	0.0028	-0.1338	0.0837	0.0270	0.9924	0.6033	9152.6480	1.9633
P-value	0.5081	0.0000***	0.0000***	0.4177	0.0000***	0.0000***	0.0019***	0.0000***			
Total	-0.0001	0.8189	0.1437	0.0003	-0.1443	0.0894	0.0078	0.9921	0.7252	9458.7850	2.0061
P-value	0.5018	0.0000***	0.0000***	0.9167	0.0000***	0.0000***	0.4541	0.0000***			
Tullow	-0.0010	1.0435	0.3331	0.0073	-0.1496	0.1342	-0.0018	0.9933	0.3181	6692.0640	2.1450
P-value	0.0009***	0.0000***	0.0000***	0.3805	0.0000***	0.0000***	0.8553	0.0000***			

Nota: Nesta tabela estão presentes os resultados obtidos por aplicação do modelo GARCH (1,1) da estimação com a forma $\mathbf{r}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \mathbf{r}_{mercado,i,t} + \beta_2 \mathbf{r}_{brent,t} + \beta_3 \mathbf{r}_{gas,t} + \varepsilon_t$ $\varepsilon_t | I_{t-1} \sim GED(0, \sigma_t^2, v)$, $\log(\sigma_t^2) = w + \sum_{i=1}^p \alpha_i \left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} \right| + \sum_{k=1}^r \gamma_k \frac{\varepsilon_{t-k}}{\sigma_{t-k}} + \sum_{j=1}^q \beta_j \log(\sigma_{t-j}^2)$. $r_{mercado,i,t}$ representa o retorno do mercado da empresa i para o período t . $r_{brent,t}$ é o retorno dos preços do Brent para o período t para o período t e $r_{gas,t}$ é o retorno dos preços do gás natural para o período t . BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGI

*corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV corresponde à empresa OMV; REPSOL corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc. ***, **, * representa coeficiente estatisticamente significativo a 1%, 5% e 10%, respetivamente. Ver secção 3.7 para mais detalhes.*

4.5 Resultados do modelo TGARCH

A Tabela 6 corresponde aos resultados da estimação do modelo TGARCH. Assim como nos modelos anteriormente estimados, também este modelo consegue desempenhar uma boa performance na representação dos retornos diários das empresas em estudo (valores de *Log-Likelihood* elevados). Verifica-se um efeito estatisticamente significativo (nível de significância de 1 por cento) e positivo dos retornos do mercado sobre os retornos das empresas. O petróleo influencia de forma positiva e estatisticamente significativa a 1 por cento as empresas BP, ENI S.p.A., E.ON SE, Equinor ASA, Galp, OMV, Repsol, RWE AG, Royal Dutch Shell, Total S.A e Tullow Oil plc, e a 5 por cento as empresas Électricité de France. Já os retornos das empresas Iberdrola e National Grid diminuem com o aumento do retorno dos preços do petróleo (nível de significância de 1 por cento).

Ao contrário do resultado anterior (relativamente ao modelo EGARCH), existe uma influência negativa e significativa dos retornos dos preços do gás natural não só na empresa Hera (com nível de significância de 5 por cento) como também na empresa britânica BP (com nível de significância de 10 por cento). O retorno das ações das empresas E.ON SE e RWE aumentam quando o retorno dos preços do gás natural aumentam.

Analisando a equação da variância condicional, observa-se que o valor do coeficiente de reação (α) é estatisticamente significativo e positivo para todas as empresas, ou seja, a volatilidade das 18 empresas reage bastante aos movimentos do mercado. Da mesma forma, o coeficiente β é estatisticamente significativo para todas as empresas, o que significa que choques na volatilidade das empresas tendem a desaparecer lentamente.

Os resultados do modelo TGARCH apresentam um coeficiente de assimetria, γ , estatisticamente significativo a 5 por cento e positivo apenas para as empresas Galp e Hera. Assim, as más notícias apresentam um maior impacto do que as boas notícias nas empresas Galp e Hera, verificando-se a existência do efeito alavancagem. Estes resultados estão de acordo com Cardoso (2005), uma vez que o coeficiente de assimetria (γ) no modelo TGARCH apresenta sinal contrário ao modelo EGARCH.

Já para as empresas Engie, OMV, Rubis SCA e Royal Dutch Shell, o coeficiente de assimetria é negativo e estatisticamente significativo a 1 por cento. Com um menor nível de significância (5 por cento), o coeficiente de assimetria é negativo para as empresas E.ON e Equinor.

Tabela 6 - Resultados da aplicação do modelo TGARCH

	Equação da Média Condicional				Equação da Variância Condicional						
	β_0	β_1	β_2	β_3	w	α	γ	β	R^2	Log likelihood	Teste DW
BP	-0.0002	0.9098	0.1576	-0.0059	0.0000	0.0424	0.0153	0.9325	0.5136	8811.9660	1.9956
P-value	0.1494	0.0000***	0.0000***	0.0821*	0.0007***	0.0000***	0.2854	0.0000***			
EDF	-0.0004	0.7710	0.0275	0.0007	0.0000	0.0319	-0.0080	0.9627	0.3348	7716.1860	1.9546
P-value	0.0669*	0.0000***	0.0175**	0.8873	0.0116**	0.0005***	0.4094	0.0000***			
Enagás	0.0004	0.5784	-0.0093	0.0032	0.0000	0.0577	0.0085	0.9054	0.3609	8539.5280	2.0814
P-value	0.0437**	0.0000***	0.3314	0.4522	0.0001***	0.0000***	0.6087	0.0000***			
Engie	-0.0007	0.9517	-0.0093	-0.0046	0.0000	0.0441	-0.0299	0.9564	0.5196	8550.6860	1.9583
P-value	0.0001***	0.0000***	0.3011	0.2484	0.0005***	0.0000***	0.0035***	0.0000***			
Eni	-0.0000	0.7321	0.1542	0.0033	0.0000	0.0409	-0.0064	0.9505	0.6978	9208.7870	2.0663
P-value	0.7702	0.0000***	0.0000***	0.3117	0.0022***	0.0000***	0.5889	0.0000***			
E.On	-0.0008	0.8782	0.0320	0.0102	0.0000	0.0978	-0.0396	0.8714	0.4302	8100.3440	2.0461
P-value	0.0000***	0.0000***	0.0008***	0.0155**	0.0000***	0.0000***	0.0470**	0.0000***			
Equinor	-0.0003	0.8500	0.1375	-0.0034	0.0000	0.0737	-0.0316	0.9296	0.6924	8991.9480	2.1964
P-value	0.0432**	0.0000***	0.0000***	0.3163	0.0013***	0.0000***	0.0335**	0.0000***			
Galp	-0.0000	0.7708	0.2392	-0.0064	0.0000	0.0202	0.0206	0.9628	0.5073	8174.3780	1.9856
P-value	0.9928	0.0000***	0.0000***	0.1856	0.0028***	0.0016***	0.0414**	0.0000***			
Hera	0.0002	0.4295	0.0041	-0.0111	0.0000	0.0642	0.0448	0.8788	0.2266	8020.2630	2.1108
P-value	0.3494	0.0000***	0.7117	0.0251**	0.0000***	0.0000***	0.0285**	0.0000***			
Iberdrola	0.0004	0.8267	-0.0272	0.0042	0.0000	0.1034	0.0253	0.8612	0.6443	9176.4640	2.0642
P-value	0.0033***	0.0000***	0.0001***	0.1512	0.0000***	0.0000***	0.3704	0.0000***			
Ngrid	0.0005	0.5480	-0.0355	0.0033	0.0000	0.1580	0.0543	0.6530	0.2468	8703.5410	2.2921
P-value	0.0014***	0.0000***	0.0000***	0.3312	0.0000***	0.0000***	0.2677	0.0000***			
Omv	-0.0004	0.6772	0.0342	-0.0027	0.0000	0.0695	-0.0474	0.9333	0.3017	7947.6690	1.9994
P-value	0.0460**	0.0000***	0.0070***	0.6067	0.0001***	0.0000***	0.0034***	0.0000***			
Repsol	0.0001	0.8773	0.1658	0.0015	0.0000	0.0698	-0.0130	0.9270	0.6511	8737.9210	2.0410
P-value	0.6469	0.0000***	0.0000***	0.6593	0.0008***	0.0000***	0.3724	0.0000***			
Rubis	0.0001	0.5093	-0.0036	-0.0018	0.0000	0.0230	-0.0229	0.9832	0.1490	8199.3950	2.0124
P-value	0.3675	0.0000***	0.6735	0.6284	0.0450**	0.0001***	0.0001***	0.0000***			
Rwe	-0.0004	0.7559	0.0314	0.0118	0.0000	0.0484	-0.0104	0.9450	0.3372	7757.1000	1.9560
P-value	0.0783*	0.0000***	0.0056***	0.0239**	0.0009***	0.0000***	0.3706	0.0000***			
Shell	0.0001	0.6884	0.1520	0.0028	0.0000	0.0459	-0.0298	0.9613	0.6030	9151.4470	1.9631
P-value	0.5340	0.0000***	0.0000***	0.4363	0.0021***	0.0000***	0.0024***	0.0000***			
Total	-0.0001	0.8199	0.1441	0.0004	0.0000	0.0474	-0.0176	0.9523	0.7253	9458.9650	2.0058
P-value	0.4489	0.0000***	0.0000***	0.9012	0.0052***	0.0000***	0.1656	0.0000***			
Tulow	-0.0010	1.0403	0.3314	0.0076	0.0000	0.0641	-0.0082	0.9320	0.3179	6677.5380	2.1447
P-value	0.0015***	0.0000***	0.0000***	0.3562	0.0004***	0.0000***	0.5349	0.0000***			

Nota: Nesta tabela estão presentes os resultados obtidos por aplicação do modelo GARCH (1,1) da estimação com a forma $r_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 r_{mercado,i,t} + \beta_2 r_{brent,t} + \beta_3 r_{gas,t} + \varepsilon_t$ $\varepsilon_t | I_{t-1} \sim GED(0, \sigma_t^2, \nu)$, $\sigma_t^2 = w + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{k=1}^r \gamma_k \varepsilon_{t-k}^2 \tau_{t-k} + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$. $r_{mercado,i,t}$ representa o retorno do mercado da empresa i para o período t . $r_{brent,t}$ é o retorno dos preços do Brent para o período t e $r_{gas,t}$ é o retorno dos preços do gás natural para o período t . BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGI corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV

*corresponde à empresa OMV; REPSOL corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc. ***, **, * representa coeficiente estatisticamente significativo a 1%, 5% e 10%, respetivamente. Ver secção 3.8 para mais detalhes.*

5. Conclusões

A globalização, caracterizada essencialmente pelo aumento da importância dos mercados financeiros originou novas perspectivas de investimento. Em particular, o mercado de ações é atrativo para os investidores na medida em que este gera retornos maiores do que outras classes de ativos. Um dos fatores determinantes no sucesso dos investidores no mercado de ações consiste na capacidade de constituir e gerir as carteiras de investimento. Existe uma relação forte entre a volatilidade e o desempenho do mercado. A volatilidade tende a diminuir quando o mercado de ações sobe e tende a aumentar quando o mercado de ações cai. Geralmente, quando a volatilidade aumenta, o risco aumenta e o retorno diminui.

O mercado de ações energético, em particular, constitui uma relevância muito grande para os investidores devido aos elevados retornos que este mercado pode gerar. Apesar dos elevados retornos, este mercado é também caracterizado pela forte volatilidade. Assim, esta pesquisa contribui para a literatura sobre a análise do comportamento dos retornos e volatilidades do mercado de ações do setor energético na Europa.

Foram utilizados os preços diários das 18 empresas em estudo, bem como os preços diários dos respetivos mercados, do petróleo e do gás natural, entre 2008 e 2018 contabilizando um total de 80185 observações. O método do *Minimal Spanning Tree* foi aplicado nesta dissertação com o intuito de analisar a relação entre as ações das empresas consideradas. Foram também aplicados modelos tipo GARCH, nomeadamente os modelos GARCH-M, EGARCH e TGARCH, para analisar questões como o impacto dos movimentos nos mercados de ações nas empresas ligadas ao setor da energia, para conseguirmos perceber como é que os retornos das empresas em estudo estão ou não suscetíveis às alterações dos preços de outras mercadorias como por exemplo o preço do petróleo e do gás natural. Foi ainda objetivo do presente estudo, analisar a persistência da volatilidade das ações e verificar a possibilidade da existência do efeito alavancagem.

Os resultados da aplicação do MST e do HT revelaram a possível existência de *clustering* entre as empresas Engie-OMV e ENI S.p.A-Total S.A, dada a forte correlação e a curta distância geométrica existente entre as mesmas. Através da aplicação das 3 medidas de centralidade (grau de centralidade, grau de proximidade e grau de intermediação) verificou-se que as empresas Total S.A. e OMV estão ligadas a um maior número de empresas. Assim, estas empresas exercem uma grande influência sobre as restantes empresas em estudo. Por outro lado, as empresas mais influenciadas pelas restantes ações são a Iberdrola e a Repsol. Já a Total S.A. e a Iberdrola apresentam valores mais elevados no que diz respeito ao grau de intermediação, sugerindo que a influência da maioria das empresas sobre as restantes, passa por estas duas ações. Em suma, quer as empresas Total S.A. e OMV como a empresa Iberdrola, representam um papel essencial na rede, como elemento de ligação e influência que pode coordenar a informação entre as ações.

Após a aplicação dos modelos tipo GARCH verificou-se que, em todos os modelos, os retornos do mercado apresentam um impacto positivo e estatisticamente significativo a 1 por cento nas respetivas empresas. A influência do petróleo e do gás natural sobre as empresas também foi analisada. Os resultados exibem que um aumento do retorno dos

preços do petróleo produzem um aumento dos retornos do preço das ações das empresas BP, ENI S.p.A, E.ON SE, Equinor, ASA, Galp, Repsol, RWE, Royal Dutch Shell, Total S.A., Tullow, Électricité de France e OMV, e uma diminuição dos retornos das ações das empresas Iberdrola e National Grid. Já os retornos dos preços do gás natural não revelam qualquer impacto para a maioria das empresas. À exceção das empresas E.ON SE, RWE (cujo impacto foi positivo e estatisticamente positivo) e, Hera e BP (cujo o impacto foi negativo e estatisticamente significativo). Os efeitos de longo prazo de choques passados nos retornos são mais persistentes nas empresas Électricité de France e Galp e menos na empresa Rubis SCA. A Tullow Oil plc é a empresa cujos efeitos dos choques na volatilidade dissipam-se mais lentamente.

A relação risco-retorno foi analisada através da aplicação do modelo GARCH-M. Constatou-se que esta relação é positiva e significativa para as empresas Engie, RWE e Rubis SCA (sendo que, para esta última empresa, o nível de significância era menor). Contudo, para a empresa Royal Dutch Shell, choques positivos na volatilidade resultam num decréscimo do retorno das suas ações.

De forma a testar o efeito alavancagem foram utilizados dois modelos tipo GARCH, nomeadamente o modelo EGARCH e o modelo TGARCH. Primeiramente os resultados do modelo EGARCH sugerem que existe o efeito alavancagem em duas empresas, Hera e Galp, uma vez que o coeficiente de assimetria é negativo e estatisticamente significativo. Assim, quando os preços das ações das empresas Hera e Galp diminuem e que, por sua vez, geram retornos menores do que o esperado (má notícia), o grau de alavancagem destas empresas aumenta tornando as suas ações mais arriscadas, aumentando assim a volatilidade das mesmas. Choques negativos no retorno destas empresas geram menor volatilidade comparativamente aos choques positivos. Já o impacto de choques positivos na volatilidade das empresas BP, Royal Dutch Shell e Equinor é maior relativamente ao impacto de choques negativos. As mesmas ilações foram obtidas no modelo TGARCH, comprovando assim a veracidade dos resultados anteriores.

Estas conclusões podem tornar-se numa ferramenta bastante útil para uma melhor compreensão da relação retorno-risco e assim tornar mais simples a construção de carteiras de investimento. Um investidor que tencione investir em empresas do setor energético passa a ter uma ideia estimada da variação do preço de um título no futuro. A volatilidade é uma medida importante para mensurar a variação do preço de um ativo financeiro e é crucial saber o quanto este é volátil, conseguindo dimensionar os riscos das suas aplicações. Mediante o grau de aversão ao risco de cada investidor, é possível criar e adaptar estratégias de investimento. Por exemplo, é possível criar uma estratégia de investimento que inclua títulos mais voláteis (National Grid e Iberdrola) e menos voláteis (Électricité de France e Galp). Ao perceber a influência das empresas relativamente a outras, através do estudo do MST, é possível acrescentar à carteira empresas mais influentes (Total S.A. e OMV) ou menos influentes (Iberdrola e Repsol). Desta forma, é possível entender a volatilidade e a relação dos ativos de empresas do setor energético, permitindo que os investidores determinem o rumo dos seus investimentos.

No entanto este trabalho apresenta algumas limitações que podem ser oportunidades de investigação futura. Primeiramente, esta dissertação foca-se em empresas europeias do setor energético que incluem empresas *Multiline Utilities* e empresas de Petróleo e Gás. Estudos futuros podem focar a sua análise no comportamento de empresas de energia renovável, por ser expectável que reajam de modo diferente das de energia fóssil aqui analisadas. Adicionalmente, na construção do MST, esta dissertação utilizou o algoritmo de *Kruskal* para criar a ligação entre as ações. Estudos futuros podem utilizar outros algoritmos como o algoritmo de *Prim*.

Com o intuito de analisar as propriedades topológicas do MST, utilizámos três medidas de centralidade (grau, proximidade e intermediação). Estudos futuros podem optar por outras medidas de centralidade como por exemplo a centralidade de *Eigenvector*¹² e a centralidade de *PageRank*¹³. Seria igualmente interessante fazer um estudo semelhante para este mercado utilizando o *MSCI Europe Energy Index*¹⁴ como variável dependente e verificar o impacto do mesmo nos retornos e na volatilidade das ações das empresas.

¹² Medida de centralidade que defende a ideia de que, mesmo que uma ação influencie apenas uma outra ação, que subsequentemente influencia muitas outras ações (que por sua vez influenciam ainda mais outras), então a primeira ação dessa cadeia é altamente influente (Bonacich, 1972).

¹³ Medida de centralidade introduzida por Brin e Page (1998) que mensura a força da influência negativa de uma determinada ação.

¹⁴ Este índice foi lançado a 15 de setembro de 1999 e representa o desempenho de empresas europeias ligadas ao setor energético.

Referências

- Acaravci, A., Ozturk, I., e Kandir, S. Y. (2012). Natural gas prices and stock prices: Evidence from EU-15 countries. *Economic Modelling*, 29(5), 1646-1654.
- Alberola, R. (2007). Estimating Volatility Returns Using ARCH Models. An Empirical Case: The Spanish Energy Market. *Lecturas de Economia*, (66), 251-276.
- Agnolucci, P. (2009). Volatility in crude oil futures: a comparison of the predictive ability of GARCH and implied volatility models. *Energy Economics*, 31(2), 316-321.
- Apergis, N., e Eleptheriou, S. (2001). Stock returns and volatility: Evidence from the Athens Stock market index. *Journal of Economics and Finance*, 25(1), 50-61.
- Armeanu, D. Ș., Joldeș, C. C., e Gherghina, Ș. C. (2019). On the Linkage between the Energy Market and Stock Returns: Evidence from Romania. *Energies*, 12(8), 1463.
- Avramov, D., Chordia, T., e Goyal, A. (2006). The Impact of Trades on Daily Volatility. *In Review of Financial Studies*, 19(4), 1241-1277.
- Bekaert, G., e Wu, G. (2000). Asymmetric volatility and risk in equity markets. *The Review of Financial Studies*, 13(1), 1-42.
- Black, F. (1976). Studies of stock price volatility changes, in: Proceedings of the 1976 Meeting of the Business and Economic Statistics Section, *American Statistical Association*, Washington DC., 177-181.
- Black, F., e Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637-654.
- Bollerslev, T., Kretschmer, U., Pigorsch, C., e Tauchen, G., (2009). A discrete-time model for daily S&P 500 returns and realized variations: Jumps and leverage effects. *Journal of Econometrics*, 150(2), 151-166.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31 (3), 307-327.
- Bollerslev, T., Chou, R. Y., e Kroner, K. F. (1992). ARCH modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence. *Journal of Econometrics*, 52(1-2), 5-59.
- Bollerslev, T., Engle, R. F., e Nelson, D. B. (1994). ARCH models. *Handbook of Econometrics*, 4, 2959-3038.
- Bollerslev, T., Engle, R.F. e Wooldrige, J.M. (1988), A capital asset pricing model with timevarying covariances. *Journal of Political Economy*, 96(1), 116-131.
- Bonacich, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *Journal of Mathematical Sociology*, 2(1), 113-120.

- Bonacich, P. (1987). Power and centrality: A family of measures. *American Journal of Sociology*, 92(5), 1170-1182.
- Bonanno, G., Caldarelli, G., Lillo, F., Micciche, S., Vandewalle, N., e Mantegna, R. N. (2004). Networks of equities in financial markets. *The European Physical Journal B*, 38(2), 363-371.
- Borgatti, S.P. (2002). NetDraw: Graph Visualization Software. Harvard: Analytic Technologies.
- Borgatti, S. P. (2005). Centrality and network flow. *Social Networks*, 27(1), 55-71.
- Borgatti, S.P., M.G. Everett, e L.C. Freeman. (2002). *Ucinet 6 para Windows: Software for Social Network Analysis*.
- Boyer, M. M., e Fillion, D. (2007). Common and fundamental factors in stock returns of Canadian oil and gas companies. *Energy Economics*, 29(3), 428-453.
- BP (2019). BP Energy Outlook 2019 edition. Disponível em <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf>
- Brin, S., e Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1-7), 107-117.
- Bucci, A. (2017). Forecasting realized volatility: a review. *Journal of Advanced Studies in Finance (JASF)*, 8(16), 94-138.
- Campbell, J. Y., e Hentschel, L. (1992). No news is good news: An asymmetric model of changing volatility in stock returns. *Journal of Financial Economics*, 31(3), 281-318.
- Cardoso, M. M. (2005). Simulação de Modelos Garch Para Séries Temporais Univariadas de Demanda de Energia Elétrica Para Consumidores Livres em Regime de Curto Prazo. (Tese de Douturamento, Universidade Federal de Itajubá). Retirado de <https://saturno.unifei.edu.br/bim/0029656.pdf>
- Cong, R. G., Wei, Y. M., Jiao, J. L., e Fan, Y. (2008). Relationships between oil price shocks and stock market: An empirical analysis from China. *Energy Policy*, 36(9), 3544-3553.
- Chang, C. L., McAleer, M., e Tansuchat, R. (2009). Volatility spillovers between returns on crude oil futures and oil company stocks. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1406983>
- Chiang, T. C., e Doong, S. C. (2001). Empirical analysis of stock returns and volatility: Evidence from seven Asian stock markets based on TAR-GARCH model. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 17(3), 301-318.

Choi, B., e Kim, S. T. (2018). Price volatility and risk management of oil and gas companies: Evidence from oil and gas project finance deals. *Energy Economics*, 76, 594-605.

Day, T. E., e Lewis, C. M. (1992). Stock market volatility and the information content of stock index options. *Journal of Econometrics*, 52(1-2), 267-287.

Dedi, L., e Yavas, B. F. (2016). Return and volatility spillovers in equity markets: An investigation using various GARCH methodologies. *Cogent Economics & Finance*, 4(1), 1266788.

Diaz, E. M., e de Gracia, F. P. (2017). Oil price shocks and stock returns of oil and gas corporations. *Finance Research Letters*, 20, 75-80.

Dimitriou, D., e Simos, T. (2011). The relationship between stock returns and volatility in the seventeen largest international stock markets: A semi-parametric approach. *Journal of Modern Economy*, 2(1), 1-8.

Duță, V. (2018). Using the symmetric models GARCH (1,1) and GARCH-M (1,1) to investigate volatility and persistence for European and US financial markets. *Financial Studies*, 22(1).

EIA, 2018. Natural Gas Explained, Use of Natural Gas. Disponível em: https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=natural_gas_use

Energy Premier, (2018, Feb 16). Everything you need to know about the energy industry. [Web log post] Retirado de <https://medium.com/energy-premier-blog/everything-you-need-to-know-about-the-energy-industry-df92e0e07ebc>

Engle, R. F., e Bollerslev, T. (1986). Modelling the persistence of conditional variances. *Econometric Reviews*, 5(1), 1-50.

Engle, R.F., Lilien, D.M. e Robins, R.P. (1987). Estimating time-varying risk premium in the term structure: The ARCH-M model. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 55(2), 391-407.

Engle, R. F., e Ng, V. K. (1993). Measuring and testing the impact of news on volatility. *The Journal of Finance*, 48(5), 1749-1778.

Floros, C. (2008). Modelling volatility using GARCH models: evidence from Egypt and Israel. *Middle Eastern Finance and Economics*, (2), 31-41.

Freeman, L. C. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 35-41.

Garas, A., e Argyrakis, P. (2007). Correlation study of the Athens stock exchange. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 380, 399-410.

- Gatfaoui, H. (2016). Linking the gas and oil markets with the stock market: Investigating the US relationship. *Energy Economics*, 53, 5-16.
- Gilmore, C. G., Lucey, B. M., e Boscia, M. (2008). An ever-closer union? Examining the evolution of linkages of European equity markets via minimum spanning trees. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(25), 6319-6329.
- Glosten, Lawrence R.; Jagannathan, Ravi; e Runkle, David (1993). On the Relation between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks. *Journal of Finance*, 48(5), 1779-1801.
- Goudarzi, H. e Ramanarayanan, C. S. (2011). Modelling asymmetric volatility in the Indian stock market. *International Journal of Business and Management*, 9(1), 242-288.
- Hamilton, J. D. (2003). What is an oil shock?. *Journal of Econometrics*, 113(2), 363-398.
- Haushalter, G. D. (2000). Financing policy, basis risk, and corporate hedging: Evidence from oil and gas producers. *The Journal of Finance*, 55(1), 107-152.
- Heemskerk, E. M., Daolio, F., e Tomassini, M. (2013). The community structure of the European network of interlocking directorates 2005–2010. *PloS One*, 8(7), e68581.
- Hibbert, A. M., Daigler, R. T., e Dupoyet, B. (2008). A behavioral explanation for the negative asymmetric return–volatility relation. *Journal of Banking & Finance*, 32(10), 2254-2266.
- Hong, L., Li, Y., Xie, K., e Yan, C. J. (2019). On the Market Timing of Hedging: Evidence from US Oil and Gas Producers. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 1-38.
- International Energy Agency (2018). Global Energy & CO2 Status Report. Disponível em <https://www.iea.org/geco/>
- Kruskal, J. B. (1956). On the shortest spanning subtree of a graph and the traveling salesman problem. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 7(1), 48-50.
- Murphy, C. B. (2019, May 4). Utilities Sector. [Web log post] Retirado de https://www.investopedia.com/terms/u/utilities_sector.asp
- Latane, H. A., e Rendleman Jr, R. J. (1976). Standard deviations of stock price ratios implied in option prices. *The Journal of Finance*, 31(2), 369-381.
- Larcker, D. F., So, E. C., e Wang, C. C. (2013). Boardroom centrality and firm performance. *Journal of Accounting and Economics*, 55(2-3), 225-250.
- Lee, C. F., Chen, G. M., e Rui, O. M. (2001). Stock returns and volatility on China's stock markets. *Journal of Financial Research*, 24(4), 523-543.

- Li, Q., Yang, J., Hsiao, C., e Chang, Y. J. (2005). The relationship between stock returns and volatility in international stock markets. *Journal of Empirical Finance*, 12(5), 650-665.
- Mandelbrot, B. B. (1963). The Variation of Certain Speculative Prices. *The Journal of Business*, 36(4), 394-419.
- Mantegna, R. N. (1999). Hierarchical structure in financial markets. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 11(1), 193-197.
- Marra, S. (2015). Predicting volatility. *Investment Research. LAZARD Asset Management* (LR26017), Australia. Retirado de https://www.lazardassetmanagement.com/docs/-m0-/22430/PredictingVolatility_LazardResearch_en.pdf
- Marques, M. I. G. (2017). *Aplicação dos modelos GARCH, EGARCH e TGARCH no DAX-30* (Tese de doutoramento, Instituto Politécnico de Lisboa). Retirado de <http://hdl.handle.net/10400.21/7211>
- McSweeney, E. J., e Worthington, A. C. (2008). A comparative analysis of oil as a risk factor in Australian industry stock returns, 1980-2006. *Studies in Economics and Finance*, 25(2), 131-145.
- Merton, R. C. (1980). On estimating the expected return on the market: An exploratory investigation. *Journal of Financial Economics*, 8(4), 323-361.
- Narayan, P. K., e Sharma, S. S. (2011). New evidence on oil price and firm returns. *Journal of Banking & Finance*, 35(12), 3253-3262.
- Nelson, D.B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 347-370.
- Oberndorfer, U. (2009). Energy prices, volatility, and the stock market: Evidence from the Eurozone. *Energy Policy*, 37(12), 5787-5795.
- Poon, S. H., e Granger, C. W. (2003). Forecasting volatility in financial markets: A review. *Journal of Economic Literature*, 41(2), 478-539.
- Sadorsky, P., (2003). The macroeconomic determinants of technology stock price volatility. *Review of Financial Economics*, 12(2), 191-205.
- Sandoval Jr, L. (2012). Pruning a minimum spanning tree. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(8), 2678-2711.
- Silverstovs, B., L'Hégaret, G., Neumann, A., e Von Hirschhausen, C. (2005). International market integration for natural gas? A cointegration analysis of prices in Europe, North America and Japan. *Energy Economics*, 27(4), 603-615.

Zakoian, J. M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and control*, 18(5), 931-955.

Zavadaska, M., Morales, L., e Coughlan, J. (2018). The Lead–Lag Relationship between Oil Futures and Spot Prices - A Literature Review. *International Journal of Financial Studies*, 6(4), 89.

Anexos

Figura A. 1 - Retornos da empresa BP entre 2008 e 2018

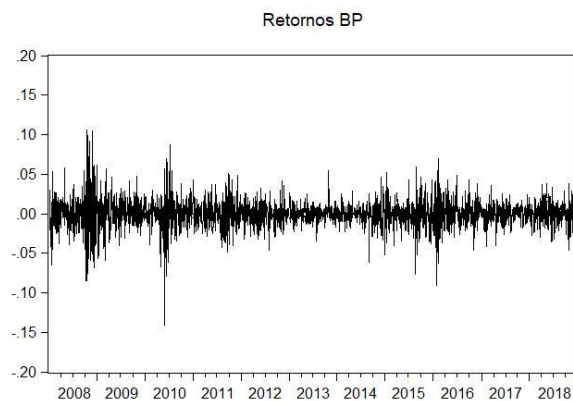


Figura A. 2 - Retornos da empresa Électricité de France entre 2008 e 2018

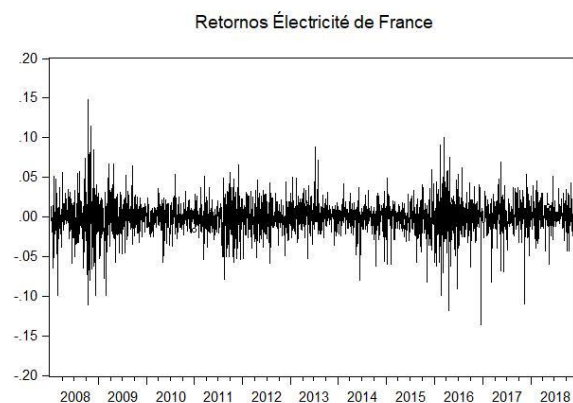


Figura A. 3 - Retornos da empresa Enagás S.A. entre 2008 e 2018

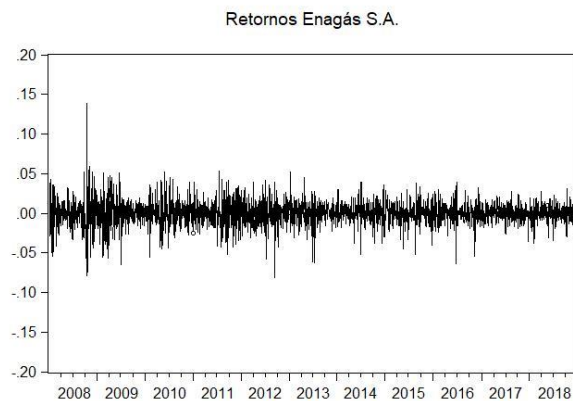


Figura A. 4 - Retornos da empresa Engie entre 2008 e 2018

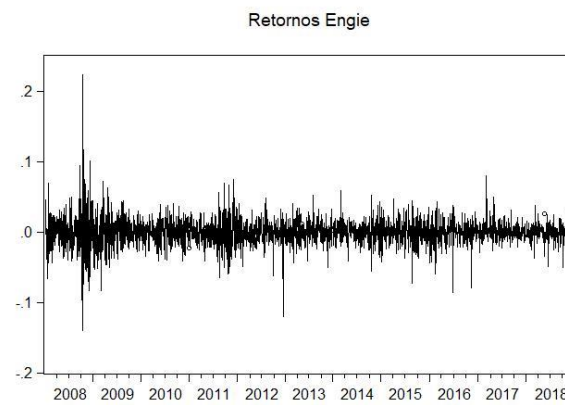


Figura A. 5 - Retornos da empresa ENI S.p.A entre 2008 e 2018

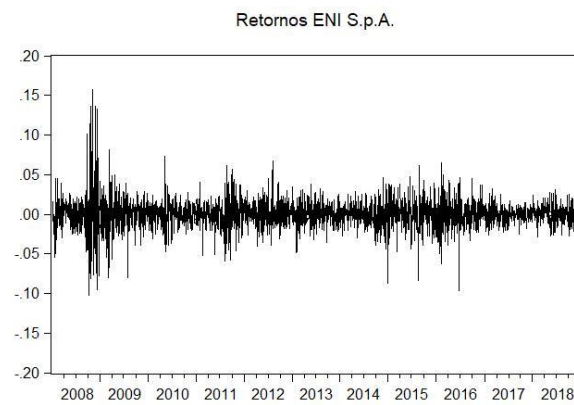


Figura A. 6 - Retornos da empresa E.ON SE entre 2008 e 2018

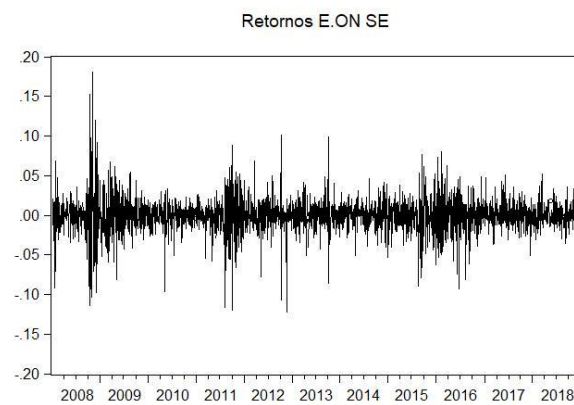


Figura A. 7 - Retornos da empresa Equinor ASA entre 2008 e 2018

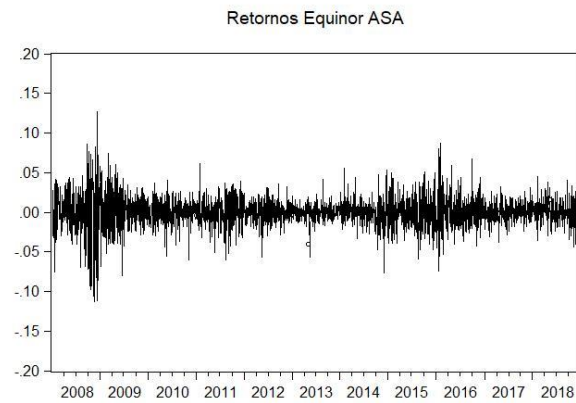


Figura A. 8 - Retornos da empresa Galp entre 2008 e 2018

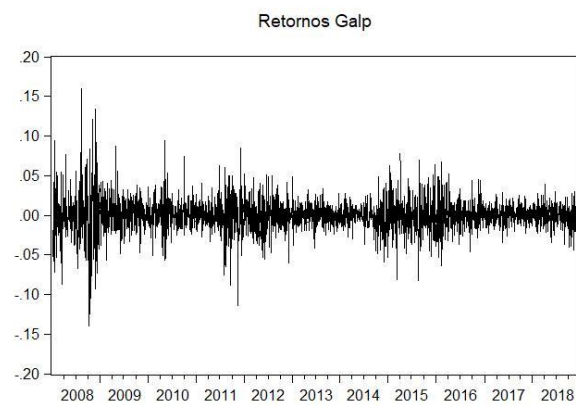


Figura A. 9 - Retornos da empresa Hera entre 2008 e 2018

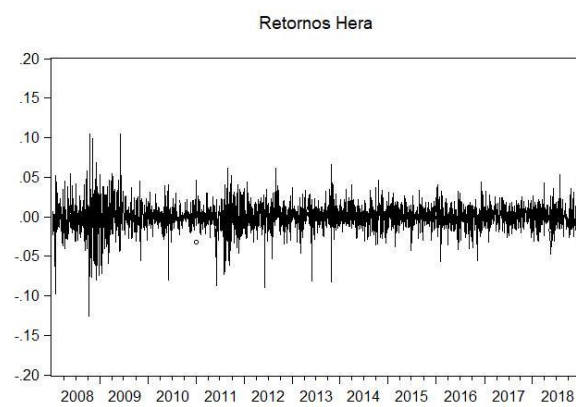


Figura A. 10 - Retornos da empresa Iberdrola entre 2008 e 2018

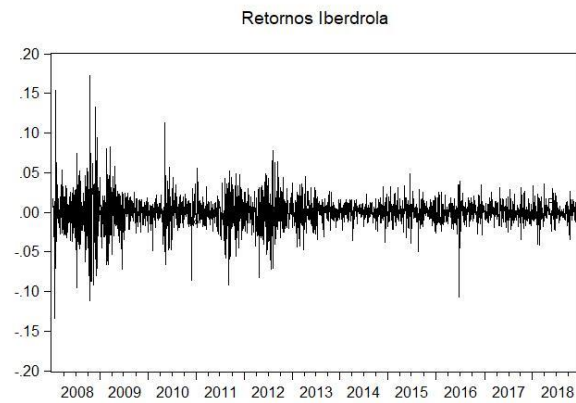


Figura A. 11 - Retornos da empresa National Grid entre 2008 e 2018

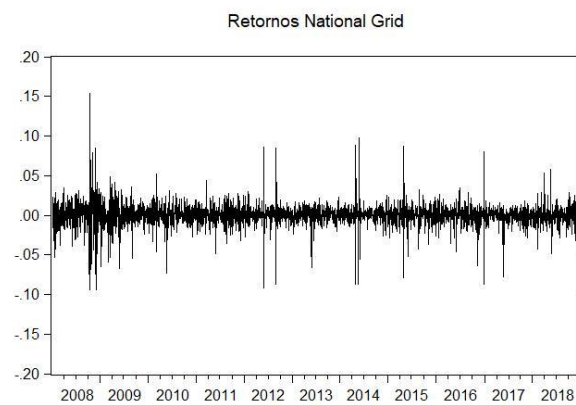


Figura A. 12 - Retornos da empresa OMV entre 2008 e 2018

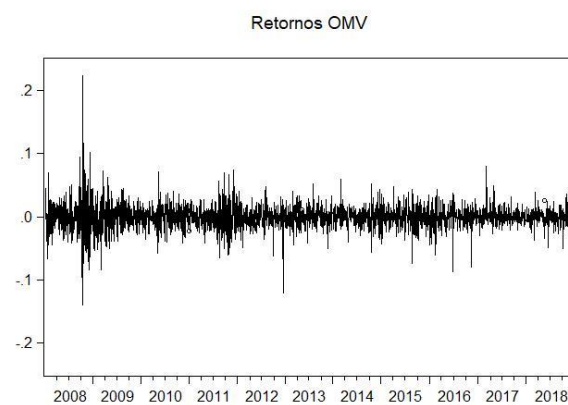


Figura A. 13 - Retornos da empresa Repsol S.A. entre 2008 e 2018

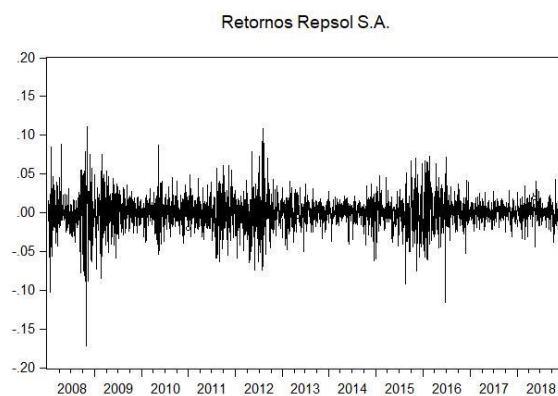


Figura A. 14 - Retornos da empresa Rubis SCA entre 2008 e 2018

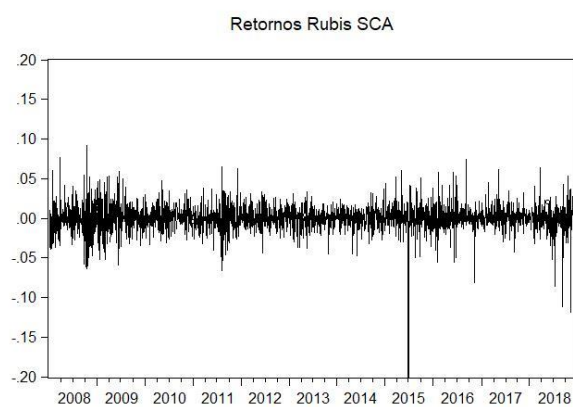


Figura A. 15 - Retornos da empresa RWE AG entre 2008 e 2018

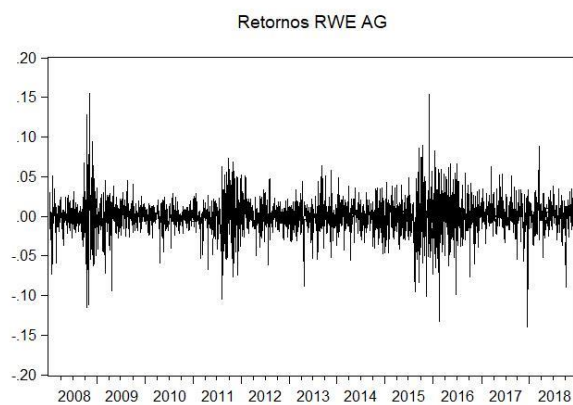


Figura A. 16 - Retornos da empresa Royal Dutch Shell entre 2008 e 2018

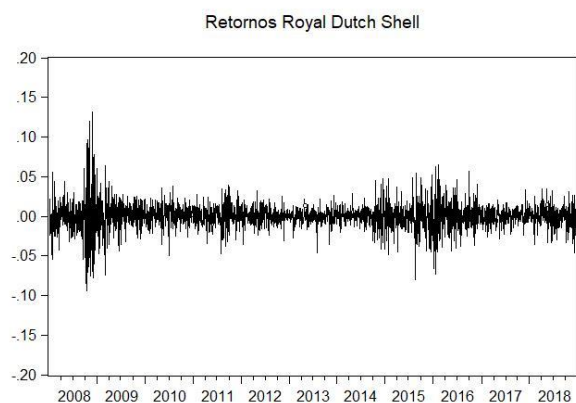


Figura A. 17 - Retornos da empresa Total S.A. entre 2008 e 2018

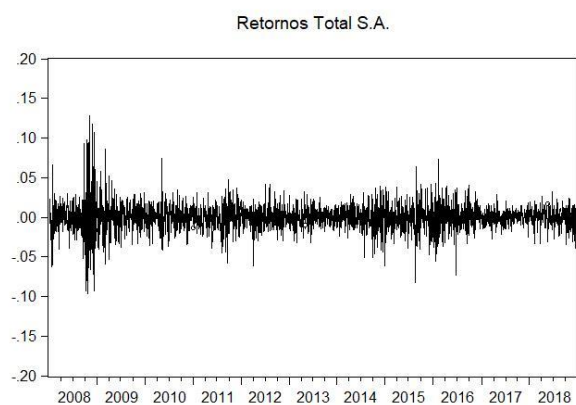


Figura A. 18 - Retornos da empresa Tullow Oil plc entre 2008 e 2018

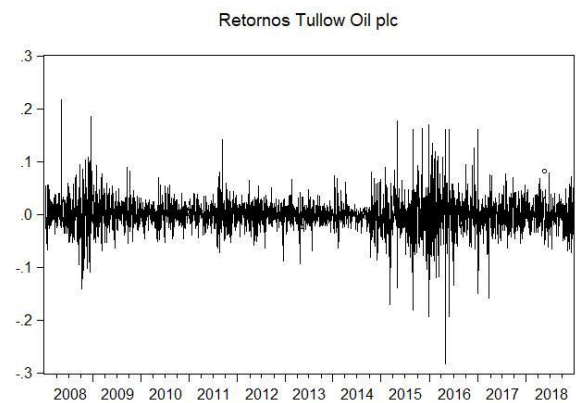


Figura A. 19 - Retornos do Índice de mercado AEX entre 2008 e 2018

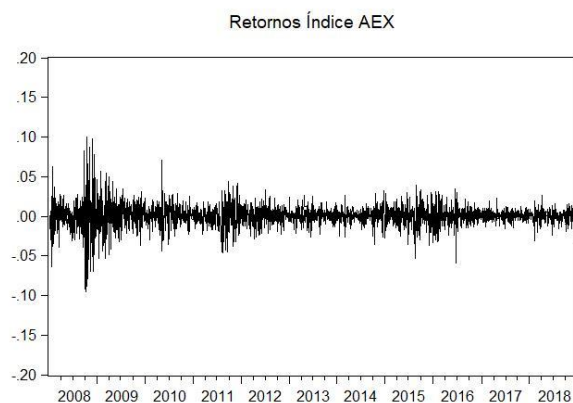


Figura A. 20 - Retornos do Índice de mercado ATX entre 2008 e 2018

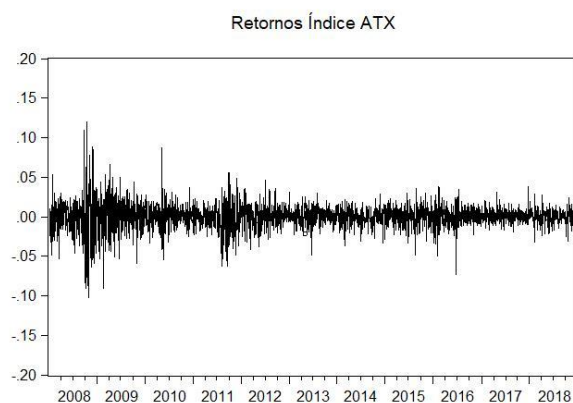


Figura A. 21 - Retornos do Índice de mercado CAC 40 entre 2008 e 2018

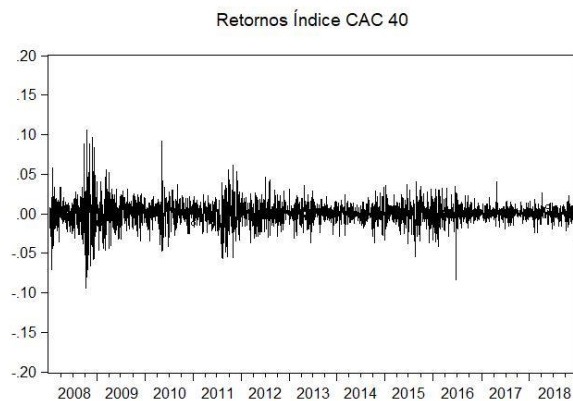


Figura A. 22 - Retornos do Índice de mercado DAX-30 entre 2008 e 2018

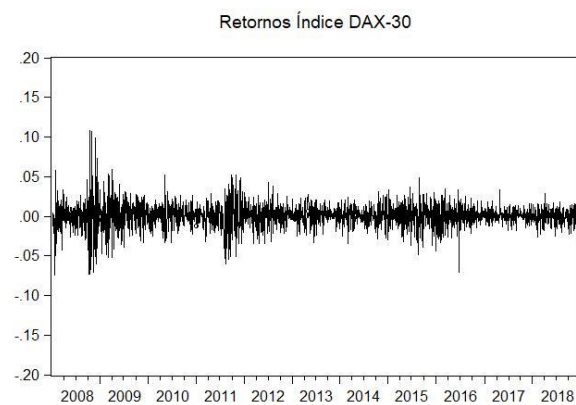


Figura A. 23 - Retornos do Índice de mercado FTSE 100 entre 2008 e 2018

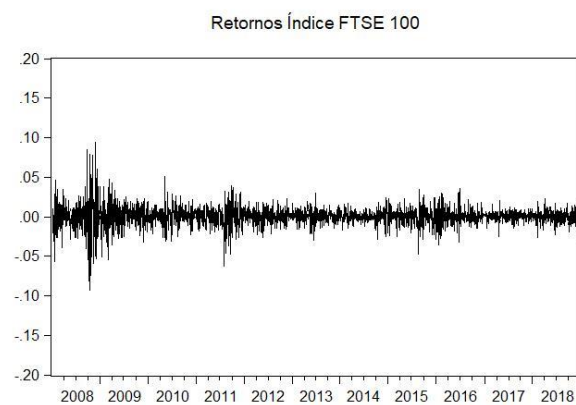


Figura A. 24 - - Retornos do Índice de mercado IBEX 35 entre 2008 e 2018

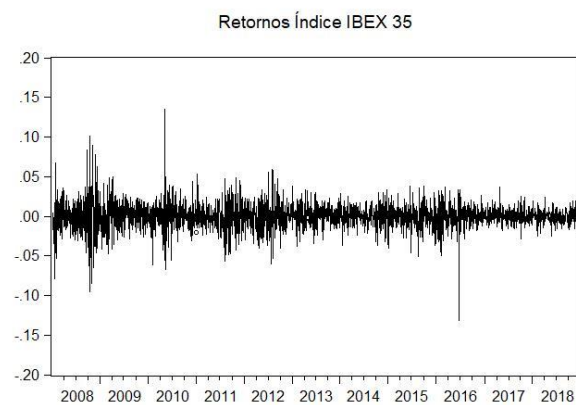


Figura A. 25 - Retornos do Índice de mercado MIB 30 entre 2008 e 2018

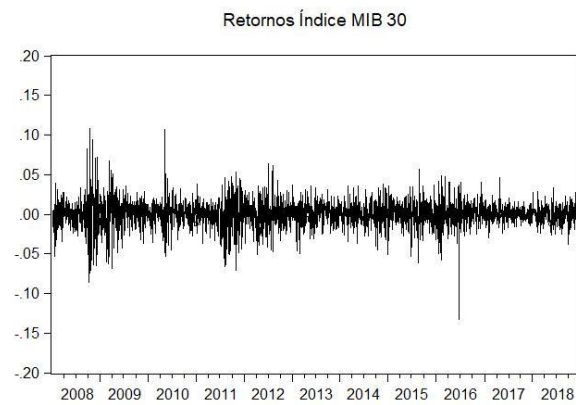


Figura A. 26 - Retornos do Índice de mercado OBX entre 2008 e 2018

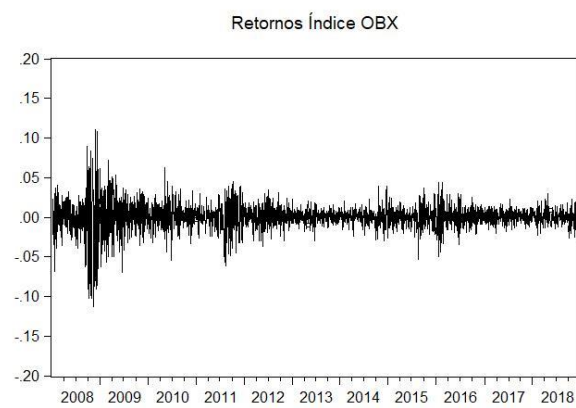


Figura A. 27 - Retornos entre o Índice de mercado PSI-20 entre 2008 e 2018

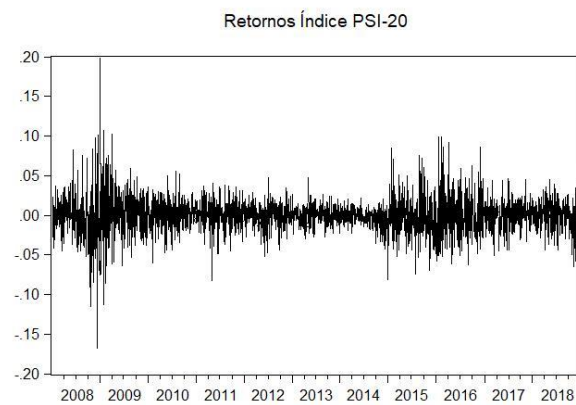


Figura A. 28 - Retornos dos preços do petróleo (Brent) entre 2008 e 2018

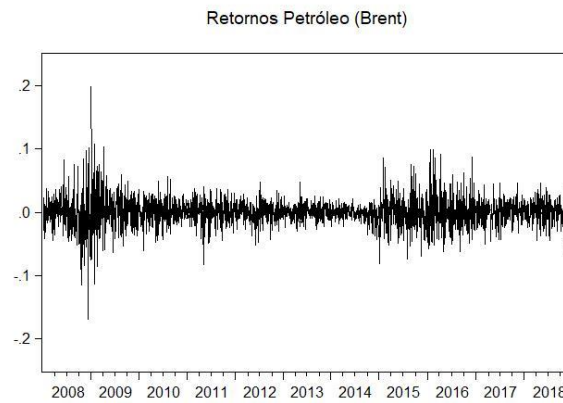


Figura A. 29 - Retornos dos preços do gás natural entre 2008 e 2018

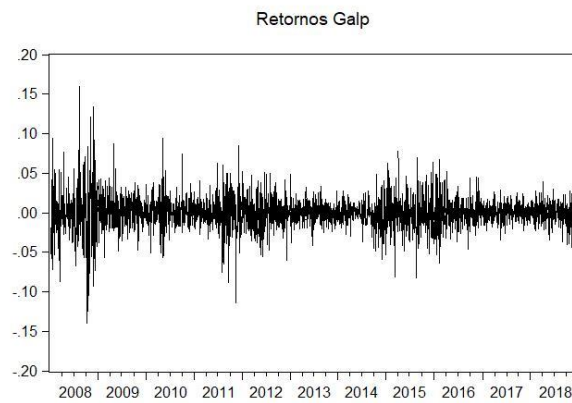


Tabela A. 1 - Matriz de Correlação entre os retornos de todas as variáveis em estudo

	BP	EDF	ENAGAS	ENGIE	ENI	EON	EQUINOR	GALP	HERA	IBERDROLA	NGRID	OMV	REPSOL	RUBIS	RWE	SHELL	TOTAL	TULLOW	AEX	ATX	CAC	DAX	FTSE	IBEX	MIB	OBX	PSI	BRENT	GAS
BP	1.000																												
EDF	0.411***	1.000																											
ENAGAS	0.342***	0.406***	1.000																										
ENGIE	0.480***	0.599***	0.532***	1.000																									
ENI	0.644***	0.511***	0.484***	0.641***	1.000																								
EON	0.466***	0.577***	0.466***	0.674***	0.595***	1.000																							
EQUINOR	0.591***	0.386***	0.357***	0.423***	0.602***	0.422***	1.000																						
GALP	0.539***	0.399***	0.355***	0.419***	0.600***	0.419***	0.560***	1.000																					
HERA	0.295***	0.379***	0.406***	0.424***	0.406***	0.393***	0.281***	0.296***	1.000																				
IBERDROLA	0.438***	0.528***	0.605***	0.651***	0.608***	0.587***	0.421***	0.430***	0.428***	1.000																			
NGRID	0.349***	0.343***	0.375***	0.462***	0.371***	0.408***	0.256***	0.273***	0.305***	0.411***	1.000																		
OMV	0.479***	0.601***	0.534***	0.997***	0.645***	0.679***	0.422***	0.424***	0.426***	0.657***	0.462***	1.000																	
REPSOL	0.576***	0.473***	0.485***	0.546***	0.707***	0.530***	0.588***	0.582***	0.318***	0.665***	0.289***	0.549***	1.000																
RUBIS	0.210***	0.258***	0.262***	0.296***	0.319***	0.274***	0.217***	0.261***	0.244***	0.281***	0.180***	0.297***	0.266***	1.000															
RWE	0.432***	0.559***	0.427***	0.601***	0.545***	0.750***	0.402***	0.392***	0.363***	0.527***	0.341***	0.601***	0.495***	0.235***	1.000														
SHELL	0.722***	0.477***	0.393***	0.548***	0.731***	0.535***	0.657***	0.584***	0.317***	0.480***	0.393***	0.551***	0.641***	0.273***	0.480***	1.000													
TOTAL	0.701***	0.534***	0.475***	0.650***	0.833***	0.611***	0.656***	0.615***	0.381***	0.597***	0.405***	0.654***	0.723***	0.321***	0.558***	0.809***	1.000												
TULLOW	0.509***	0.319***	0.249***	0.316***	0.508***	0.326***	0.534***	0.491***	0.182***	0.290***	0.148***	0.319***	0.491***	0.166***	0.320***	0.553***	0.528***	1.000											
AEX	0.607***	0.546***	0.524***	0.670***	0.774***	0.637***	0.589***	0.597***	0.436***	0.673***	0.429***	0.676***	0.693***	0.381***	0.560***	0.749***	0.800***	0.453***	1.000										
ATX	0.511***	0.475***	0.447***	0.543***	0.651***	0.531***	0.538***	0.579***	0.393***	0.598***	0.289***	0.549***	0.639***	0.340***	0.488***	0.582***	0.659***	0.434***	0.803***	1.000									
CAC	0.592***	0.578***	0.550***	0.721***	0.797***	0.661***	0.565***	0.586***	0.447***	0.719***	0.419***	0.728***	0.722***	0.387***	0.584***	0.685***	0.831***	0.439***	0.941***	0.802***	1.000								
DAX	0.559***	0.536***	0.528***	0.677***	0.731***	0.656***	0.526***	0.534***	0.439***	0.670***	0.387***	0.681***	0.657***	0.371***	0.583***	0.638***	0.756***	0.398***	0.896***	0.774***	0.927***	1.000							
FTSE	0.696***	0.514***	0.506***	0.651***	0.758***	0.608***	0.609***	0.607***	0.414***	0.644***	0.496***	0.655***	0.675***	0.351***	0.539***	0.757***	0.791***	0.489***	0.902***	0.759***	0.895***	0.850***	1.000						
IBEX	0.509***	0.543***	0.601***	0.663***	0.734***	0.613***	0.504***	0.547***	0.448***	0.812***	0.369***	0.671***	0.790***	0.348***	0.555***	0.583***	0.722***	0.400***	0.834***	0.760***	0.888***	0.819***	0.786***	1.000					
MIB	0.524***	0.543***	0.545***	0.657***	0.816***	0.616***	0.504***	0.548***	0.479***	0.702***	0.339***	0.663***	0.706***	0.362***	0.565***	0.588***	0.730***	0.404***	0.843***	0.761***	0.892***	0.838***	0.785***	0.889***	1.000				
OBX	0.599***	0.466***	0.445***	0.531***	0.679***	0.525***	0.820***	0.619***	0.395***	0.558***	0.331***	0.536***	0.638***	0.312***	0.458***	0.663***	0.706***	0.524***	0.793***	0.737***	0.764***	0.737***	0.780***	0.678***	0.686***	1.000			
PSI	0.475***	0.493***	0.517***	0.565***	0.647***	0.523***	0.484***	0.673***	0.428***	0.615***	0.322***	0.574***	0.619***	0.346***	0.480***	0.529***	0.632***	0.402***	0.733***	0.701***	0.762***	0.706***	0.703***	0.776***	0.760***	0.638***	1.000		
BRENT	0.442***	0.252***	0.212***	0.255***	0.467***	0.272***	0.529***	0.465***	0.176***	0.244***	0.115***	0.257***	0.432***	0.151***	0.259***	0.495***	0.489***	0.472***	0.395***	0.380***	0.376***	0.346***	0.411***	0.337***	0.358***	0.492***	0.342***	1.000	
GAS	0.032*	0.021	0.017	0.012	0.022	0.034*	0.063***	0.034*	0.011	0.023	0.014	0.013	0.021	0.004	0.039**	0.033*	0.039**	0.061***	0.031	0.024	0.024	0.019	0.037**	0.011	0.006	0.071***	0.020	0.089***	1.000

*Nota: BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGIE corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV corresponde à empresa OMV; REPSOL corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc. AEX é o índice de mercado holandês; ATX é o índice de mercado austríaco; CAC 40 é o índice de mercado francês; DAX-30 é o índice de mercado alemão; FTSE 100 é o índice de mercado britânico; IBEX 35 é o índice de mercado espanhol; MIB 30 é o índice de mercado italiano; OBX é o índice de mercado norueguês; PSI-20 é o índice de mercado português; BRENT corresponde ao petróleo e GAS corresponde ao gás natural. ***, **, * representa coeficiente estatisticamente significativo a 1%, 5% e 10%, respetivamente.*

Tabela A. 2 - Matriz de Correlação dos retornos das ações das 18 empresas

	BP	EDF	ENAGAS	ENGIE	ENI	EON	EQUINOR	GALP	HERA	IBERDROLA	NGRID	OMV	REPSOL	RUBIS	RWE	SHELL	TOTAL	TULLOW
BP	1.000																	
EDF	0.411***	1.000																
ENAGAS	0.342***	0.406***	1.000															
ENGIE	0.480***	0.599***	0.532***	1.000														
ENI	0.644***	0.511***	0.484***	0.641***	1.000													
EON	0.466***	0.577***	0.466***	0.674***	0.595***	1.000												
EQUINOR	0.591***	0.386***	0.357***	0.423***	0.602***	0.422***	1.000											
GALP	0.539***	0.399***	0.355***	0.419***	0.600***	0.419***	0.560***	1.000										
HERA	0.295***	0.379***	0.406***	0.424***	0.406***	0.393***	0.281***	0.296***	1.000									
IBERDROLA	0.438***	0.528***	0.605***	0.651***	0.608***	0.587***	0.421***	0.430***	0.428***	1.000								
NGRID	0.349***	0.343***	0.375***	0.462***	0.371***	0.408***	0.256***	0.273***	0.305***	0.411***	1.000							
OMV	0.479***	0.601***	0.534***	0.997***	0.645***	0.679***	0.422***	0.424***	0.426***	0.657***	0.462***	1.000						
REPSOL	0.576***	0.473***	0.485***	0.546***	0.707***	0.530***	0.588***	0.582***	0.318***	0.665***	0.289***	0.549***	1.000					
RUBIS	0.210***	0.258***	0.262***	0.296***	0.319***	0.274***	0.217***	0.261***	0.244***	0.281***	0.180***	0.297***	0.266***	1.000				
RWE	0.432***	0.559***	0.427***	0.601***	0.545***	0.750***	0.402***	0.392***	0.363***	0.527***	0.341***	0.601***	0.495***	0.235***	1.000			
SHELL	0.722***	0.477***	0.393***	0.548***	0.731***	0.535***	0.657***	0.584***	0.317***	0.480***	0.393***	0.551***	0.641***	0.273***	0.480***	1.000		
TOTAL	0.701***	0.534***	0.475***	0.650***	0.833***	0.611***	0.656***	0.615***	0.381***	0.597***	0.405***	0.654***	0.723***	0.321***	0.558***	0.809***	1.000	
TULLOW	0.509***	0.319***	0.249***	0.316***	0.508***	0.326***	0.534***	0.491***	0.182***	0.290***	0.148***	0.319***	0.491***	0.166***	0.320***	0.553***	0.528***	1.000

*Nota: BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGI corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV corresponde à empresa OMV; REPSOL corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc. AEX é o índice de mercado holandês ; ATX é o índice de mercado austríaco; CAC 40 é o índice de mercado francês; DAX-30 é o índice de mercado alemão; FTSE 100 é o índice de mercado britânico; IBEX 35 é o índice de mercado espanhol; MIB 30 é o índice de mercado italiano; OBX é o índice de mercado norueguês; PSI-20 é o índice de mercado português; BRENT corresponde ao petróleo e GAS corresponde ao gás natural. ***, **, * representa coeficiente estatisticamente significativo a 1%, 5% e 10%, respetivamente.*

Tabela A. 3 - Matriz D

	BP	EDF	ENAGAS	ENGIE	ENI	EON	EQUINOR	GALP	HERA	IBERDROLA	NGRID	OMV	REPSOL	RUBIS	RWE	SHELL	TOTAL	TULLOW
BP	0,000																	
EDF	1,085	0,000																
ENAGAS	1,147	1,090	0,000															
ENGIE	1,019	0,896	0,968	0,000														
ENI	0,844	0,989	1,016	0,847	0,000													
EON	1,033	0,920	1,033	0,807	0,899	0,000												
EQUINOR	0,905	1,109	1,134	1,074	0,892	1,075	0,000											
GALP	0,961	1,096	1,135	1,078	0,895	1,078	0,938	0,000										
HERA	1,187	1,115	1,090	1,073	1,090	1,102	1,199	1,186	0,000									
IBERDROLA	1,060	0,971	0,889	0,835	0,885	0,908	1,076	1,068	1,070	0,000								
NGRID	1,141	1,147	1,118	1,038	1,122	1,088	1,220	1,206	1,179	1,086	0,000							
OMV	1,021	0,894	0,966	0,083	0,842	0,802	1,075	1,073	1,072	0,828	1,037	0,000						
REPSOL	0,921	1,027	1,015	0,952	0,766	0,970	0,908	0,915	1,168	0,819	1,192	0,949	0,000					
RUBIS	1,257	1,218	1,215	1,186	1,167	1,205	1,252	1,216	1,229	1,199	1,281	1,185	1,211	0,000				
RWE	1,066	0,939	1,071	0,894	0,954	0,708	1,094	1,102	1,129	0,972	1,148	0,893	1,005	1,237	0,000			
SHELL	0,745	1,023	1,102	0,950	0,734	0,964	0,828	0,912	1,169	1,019	1,102	0,948	0,847	1,205	1,020	0,000		
TOTAL	0,773	0,965	1,024	0,836	0,579	0,882	0,829	0,878	1,113	0,898	1,091	0,832	0,744	1,165	0,940	0,617	0,000	
TULLOW	0,991	1,167	1,226	1,170	0,992	1,161	0,966	1,009	1,279	1,191	1,306	1,167	1,009	1,291	1,166	0,946	0,972	0,000

Nota: BP corresponde à empresa BP; EDF corresponde à empresa Électricité de France; ENAGAS corresponde à empresa Enagás S.A.; ENGIE corresponde à empresa Engie; ENI corresponde à empresa ENI S.p.A; EON corresponde à empresa E.ON SE; EQUINOR corresponde à empresa Equinor ASA; GALP corresponde à empresa Galp; Hera corresponde à empresa Hera; IBERDROLA corresponde à empresa Iberdrola; NGRID corresponde à empresa National Grid; OMV corresponde à empresa OMV; REPSOL corresponde à empresa Repsol S.A.; RUBIS corresponde à empresa Rubis SCA; RWE corresponde à empresa RWE AG; SHELL corresponde à empresa Royal Dutch Shell; TOTAL corresponde à empresa Total S.A.; TULLOW corresponde à empresa Tullow Oil plc. AEX é o índice de mercado holandês ; ATX é o índice de mercado austríaco; CAC 40 é o índice de mercado francês; DAX-30 é o índice de mercado alemão; FTSE 100 é o índice de mercado britânico; IBEX 35 é o índice de mercado espanhol; MIB 30 é o índice de mercado italiano; OBX é o índice de mercado norueguês; PSI-20 é o índice de mercado português; BRENT corresponde ao petróleo e GAS corresponde ao gás natural.